ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUILLET 1948.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Edward Hindle**, Membre de la « Royal Society », qui assiste à la séance.

Au nom de la Commission des Éditions scientifiques, M. le **Président** donne lecture du vœu suivant relatif à la publication des ouvrages scientifiques français qui, adopté par l'Académie en Comité secret le 28 juin 1948, a été soumis aux pouvoirs publics :

« L'Académie des Sciences,

préoccupée des difficultés que rencontre la publication des ouvrages scientifiques français et du retard apporté à la publication de beaucoup d'entre eux, attire l'attention :

a. des *éditeurs et imprimeurs* sur la nécessité des aménagements et des améliorations techniques qui conduiraient à une plus rapide réalisation de certains ouvrages;

b. des *grands groupements professionnels* sur l'urgence qu'il y aurait à ce qu'ils veuillent bien soutenir l'expression de la pensée scientifique française;

c. des *grands Services de l'État* sur l'opportunité de leur appui pour l'amélioration des conditions matérielles d'exploitation des imprimeries, la formation des apprentis, éventuellement le financement de certains travaux d'édition. »

M. **Albert Pérard**, l'un des délégués de l'Académie à l'Assemblée de l'**Union Internationale de Physique Pure et Appliquée** qui s'est tenue à Amsterdam du 8 au 11 juillet, rend compte des travaux accomplis à cette Assemblée.

Notice nécrologique sur D. N. Prianichnikov,
par M. **Albert Demolon**.

C'est tardivement et indirectement que nous avons appris la mort le 30 avril dernier de Dimitri Nicolaïevitch Prianichnikov que l'Académie avait élu comme correspondant pour sa section d'Économie rurale en novembre 1946.

La plupart d'entre nous ont encore présents à la mémoire les titres de ce savant qui laisse une œuvre considérable dans le domaine de la chimie agricole. Pendant plus d'un demi-siècle, entouré d'une pléiade d'élèves enthousiastes, Prianichnikov poursuivit à l'Institut Timiriazeff de Moscou, avec une méthode et une continuité remarquable, un ensemble d'études qui le classent parmi les grands agronomes contemporains. L'Académie des Sciences d'U. R. S. S. l'avait depuis longtemps appelé à elle et récemment le Gouvernement lui avait attribué sa plus haute distinction, la croix de *héros du travail*.

Au début de sa carrière, à la fin du siècle dernier, Prianichnikov avait travaillé en France, notamment à l'Institut Pasteur; il y avait subi l'influence de nos maîtres de la Chimie agricole; cette influence se reflète dans toute son œuvre. Il a d'ailleurs donné d'incontestables gages d'amitié à notre pays. Non seulement certains de ses travaux qu'il estimait particulièrement importants ont paru dans les *Comptes rendus* de l'Académie ou dans divers autres périodiques scientifiques de langue française, mais encore il a souvent mis en lumière le rôle de nos compatriotes qu'il considérait comme les fondateurs de la science agronomique. C'est ainsi que dans un article des *Izvestia* paru en 1936 et consacré à Boussingault, on le voit, dans un parallèle avec Liebig, opposer les découvertes expérimentales du premier aux *inductions romantiques* du second.

A la fois physiologiste et agronome, Prianichnikov associa toujours étroitement le laboratoire et le champ. En tant que physiologiste il utilisa et perfectionna la méthode de culture en solution constamment renouvelée que Schlœsing avait créée. En 1945 il pouvait encore nous montrer à l'Institut Timiriazeff une série de 4000 vases d'expériences destinés aux recherches diverses qu'il poursuivait en collaboration avec ses élèves. Prianichnikov s'est surtout attaché au mécanisme de la nutrition végétale. Sa thèse qui date de 1895 avait pour titre *Dégradation des matières azotées pendant la germination*; elle annonce l'intérêt que son auteur ne cessera de porter au rôle de l'azote. L'un des premiers il montra que les sels ammoniacaux constituent une excellente source d'azote pour la plante. En 1913 il donnait à la Revue générale de Botanique un mémoire sur *La synthèse des composés amidés aux dépens de l'ammoniaque absorbée par les racines*. Plus tard il précisa le rôle de l'absorption ionique élective; anion et cation ayant en général une vitesse de pénétration différente, il s'ensuit que, suivant le pH initial du milieu, un

même sel peut manifester une réaction physiologique acide, neutre ou alcaline. Signalons enfin que Prianichnikov a mis en évidence la possibilité d'une excrétion d'ammoniaque par les racines.

D'autres travaux ont porté sur la nutrition phosphatée. Nous ne rappellerons que ceux relatifs à la faculté qu'a le système radiculaire de certaines plantes, du Lupin en particulier, de solubiliser les phosphates naturels.

Lorsqu'on parcourt les 20 volumes renfermant l'exposé des recherches effectuées au laboratoire de Prianichnikov, on mesure l'ampleur de vues et l'activité de ce chef d'école à qui aucun grand problème de la chimie agricole ne demeura étranger. Ces travaux exercèrent une influence considérable sur le développement de l'industrie des engrais en U. R. S. S.

Prianichnikov laisse de nombreux ouvrages dont deux sont rapidement devenus classiques : un traité d'agrochimie qui eut quatre éditions et un autre intitulé *Cultures spéciales* qui fut traduit en allemand. En 1945 il avait consacré son dernier livre au rôle de l'azote dans la nutrition des végétaux.

Il est certain que le souvenir de ce maître de grand renom restera longtemps vivace dans son pays. Nous nous associons aux regrets laissés par la disparition d'un savant distingué qui, en raison de son œuvre scientifique et de ses affinités, avait rallié l'unanimité des suffrages de l'Académie.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'addition vectorielle d'une infinité dénombrable d'ensembles de mesure nulle.* Note de M. **Émile Borel.**

Les résultats énoncés dans ma Note précédente [1] sur l'addition vectorielle d'ensembles de mesure nulle non denses s'étendent sans difficulté, *dans le cas d'un nombre limité d'ensembles*, à des ensembles de mesure nulle denses dans tout l'intervalle $0-1$. C'est ainsi que, pour les ensembles à définition numérique, on peut substituer à l'ensemble E des nombres décimaux qui s'écrivent avec les seuls chiffres 2, 5, 8, l'ensemble F des nombres décimaux dans lesquels les chiffres autres que 2, 5 et 8 ne figurent qu'un nombre fini de fois, ce nombre fini n'étant pas limité. Cet ensemble F est partout dense. Sa raréfaction logarithmique est la même que celle de l'ensemble E.

Il en est tout autrement lorsque l'on considère une infinité dénombrable d'ensembles E_n. Il est possible de définir une telle infinité dont la somme vectorielle est de mesure nulle, mais il est évident qu'il suffit d'ajouter à chacun des E_n le nombre 0 et un seul autre nombre a_n convenablement choisi, pour que la somme vectorielle des E_n comprenne tous les points de l'intervalle 0-1.

Désignant par $\log n$ le logarithme vulgaire de n (dont la partie entière augmentée de un est le nombre de chiffres de l'entier n), nous poserons

$$\log_2(n) = \log\log n; \qquad \log_{k+1} n = \log(\log_k n)$$

---

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 103.

(en convenant que ces fonctions sont égales à zéro lorsque la formule donne une valeur négative ou imaginaire) et nous définirons l'ensemble E_k comme l'ensemble des nombres décimaux illimités (inférieurs à un) dans lesquels *le nombre des chiffres significatifs* (différents de zéro) dont le rang après la virgule est inférieur à n, *est au plus égal à* $\log_k n$. Il est aisé de montrer que les E_k sont des ensembles de mesure nulle (ayant la puissance du continu) et que leur somme vectorielle est aussi de mesure nulle. Mais si l'on définissait les F_k par la condition que le nombre des chiffres significatifs de rang inférieur à n est au plus égal à $1 + \log_k n$, chacun des F_k comprendrait le nombre zéro et tous les nombres décimaux comportant *un seul* chiffre significatif et, par suite, la somme vectorielle d'une infinité dénombrable quelconque des F_k comprendrait tous les points de l'intervalle 0-1.

On voit ainsi comment des propriétés asymptotiques fort intéressantes d'une infinité dénombrable d'ensembles peuvent être entièrement masquées par l'addition à chacun de ces ensembles d'une infinité dénombrable d'éléments, ou même d'*un seul* élément convenablement choisi, cet élément pouvant être parfois le nombre zéro. Cette remarque permettrait d'éclairer d'un jour nouveau les propriétés paradoxales de certains ensembles non mesurables qui peuvent être définis au moyen de l'axiome du choix.

D'une manière plus générale, dans toute étude portant sur une infinité dénombrable d'ensembles, on doit considérer à part le cas particulier où chacun des ensembles comprend un nombre fini d'éléments, auquel cas l'infinité dénombrable d'ensembles se réduit à un ensemble dénombrable. Les seules propriétés de l'infinité dénombrable d'ensembles qui soient vraiment intéressantes sont celles qui ne sont pas des propriétés banales des ensembles dénombrables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des systèmes de vecteurs généralisant les systèmes orthonormaux.* Note (*) de M. **Gaston Julia**.

On peut, de plusieurs manières, donner des propositions corrélatives de la proposition donnée dans ma précédente Note [1]. Dans son principe, cette Note étudie une propriété d'isométrie d'un opérateur linéaire $A^\star X$, lorsque $A^\star X$ est défini par ses coordonnées covariantes. Corrélativement, on a des propriétés analogues lorsque AX est donné par des coordonnées contravariantes, et dans un problème mixte où interviennent à la fois les coordonnées contravariantes et covariantes de X relativement à un système (A_k).

1. Dans un espace unitaire E_n à n dimensions, q vecteurs, $(q \leqq n)$, $A_1, \ldots, A_q$

(*) Séance du 12 juillet 1948.

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1485-1487.

ne peuvent satisfaire à la condition d'isométrie

$$(1) \qquad \left|\sum^{q} x_k A_k\right|^2 = \sum^{q} |x_k|^2,$$

quels que soient les nombres complexes x_k, que si les A_k sont un système ON de E_n. *Pour* $q=n$, *la propriété* (1) *caractérise les systèmes* ONC. Pour $q>n$, la condition (1) ne peut être réalisée pour tous les (x_k) possibles car, les A_x étant indépendants, il existe des (x_k) non tous nuls tels que $\sum^{q} x_k A_k = 0$. Mais l'analogie avec la Note signalée ci-dessus suggère le problème corrélatif suivant.

2. Soient $A_1, \ldots, A_{n+p}$ des vecteurs de E_n, dont n *sont indépendants*. Les déterminer de façon que

$$(2) \qquad \left|\sum^{n+p} x_k A_k\right|^2 = \sum^{n+p} |x_k|^2$$

pour tous les x_k *complexes vérifiant* p *relations linéaires indépendantes*.

Dans un espace E_{n+p}, à $n+p$ dimensions, contenant E_n, et de base ONC(e_k), $(k=1, 2, \ldots, n+p)$, le problème revient à déterminer $n+p$ vecteurs A_k, sous-tendant E_n, et tels que, $X=\Sigma x_k e_k$ décrivant un sous-espace V à n dimensions, on ait $|\Sigma x_k A_k| = |X|$. On peut toujours choisir la base (e_k) de façon que les p relations entre les x_k déterminent précisément E_n : $V=E_n=[A_1, \ldots, A_{n+p}]$.

Considérons l'opérateur linéaire A défini, dans E_{n+p}, par $AX=\sum^{n+p} x_k A_k$, les x_k nombres complexes quelconques. Par hypothèse A *conserve isométriquement* $V=E_n$. La variété V_0 des zéros de A est à p dimensions, évidemment *disjointe de* V. U étant un opérateur unitaire de E_{n+p} convenable (tel que U^* réalise la même transformation de V que A), UA conservera chaque point de V et s'annulera sur V_0 : UA est égal à 1 sur V, à 0 sur V_0. C'est donc la projection, *orthogonale ou oblique*, sur V *parallèlement à* V_0. $UA=P$ donne $A=U^*P=P_1U^*$, P_1 étant la projection sur V *parallèlement à* $V_1=U^*(V_0)$. Les $A_k=Ae_k=P_1U^*(e_k)$ sont donc les *projections sur* E_n, *parallèlement à* V_1, *de la base* ONC$e'_k=U^*(e_k)$ de E_{n+p}. Cette propriété *caractérise toutes les solutions* du problème posé, car la *réciproque est immédiate*. Supposons, en effet, $A_k=P_0e'_k$, P_0 projection de E_{n+p} sur $V=E_n$, parallèlement à V_1 (disjointe de V et à p dimensions mais par ailleurs quelconque) : pour tout $X=\sum^{n+p} x_k e'_k$ de E_{n+p} on aura $\sum^{n+p} x_k A_k = P_0X$, et pour tout $X\in V$, $P_0X=X$, d'où s'ensuit, dans tout V, la propriété d'isométrie $|X|=|\Sigma x_k A_k|$.

3. Un cas mixte a été étudié par M. Hadwiger [2] sous une autre forme. Il

---

[2] *Commentarii Mathematici Helvetici*, **13**, 1940-1941, p. 90-107.

consiste à *déterminer tous les systèmes* A_k ($k = 1, 2, \ldots, n+p$) *de* E_n *tels que*

$$X = \sum^{n+p} (A_k, X) A_k \tag{3}$$

pour tout $X \in E_n$. Donnons des résultats de M. Hadwiger une autre démonstration, qui les explique, et les relie à ceux donnés dans la Note (¹). (e_k) étant une base ONC de E_{n+p} contenant E_n et A l'opérateur linéaire défini dans E_{n+p} par $A_k = Ae_k$, l'opérateur hermitien $TX = \sum^{n+p} (A_k, X) A_k$ n'est autre que AA^*, car $A^*X = \Sigma(A_k, X) e_k$. A^* et AA^* étant nuls sur $E_p = E_{n+p} \ominus E_n$, la relation (3) exige que T soit nul sur E_p, égal à 1 sur E_n, donc $AA^* = P$, P *projection orthogonale sur* E_n. On en déduit aisément $A^* = U^*P$ (U^* unitaire de E_{n+p}) et $A = PU$; *les* $A_k = PUe_k$ *sont donc les projections orthogonales sur* E_n *du système* ONC $e'_k = Ue_k$ *de* E_{n+p}. La réciproque est évidente, car pour $X \in E_n$, on a alors $(A_k, X) = (e'_k, X)$ et $\Sigma(A_k, X) A_k = P\,\Sigma(e'_k, X) e'_k = PX = X$. D'autre part, (3) entraîne, pour $X \in E_n$, (4), $(X, X) = \Sigma |(A_k, X)|^2$, qui est la relation exigée de A_k dans notre Note (¹); réciproquement, la relation

$$(X, TX) = (X, X) \tag{4}$$

vérifiée dans E_n, sous-espace de E_{n+p}, entraîne, par un raisonnement classique, $T = 1$ dans E_n, c'est-à-dire (3); le problème de M. Hadwiger équivaut au problème d'isométrie étudié dans la Note (¹). Enfin, suivant une idée de M. E. Stiefel (³), M. Hadwiger montre que les A_k, solutions du problème qu'il envisage, sont aussi ceux pour lesquels la matrice de Gram $\|(A_i, A_k)\|$ n'admet que les valeurs propres 0 et 1 (condition nécessaire et suffisante). Cela résulte immédiatement de notre démonstration, car la matrice de Gram est identique à celle de A^*A, laquelle admet les mêmes valeurs propres que $AA^* = P$, c'est-à-dire 0 et 1 (avec les ordres de multiplicité respectifs p et n).

4. Nous ferons ultérieurement l'extension des propriétés précédentes à l'espace hilbertien.

BOTANIQUE. — *Une plante remarquable disparue* (Humbertia madagascariensis *Lamk.*) *et d'autres espèces menacées de disparition. Urgence d'une protection efficace de la nature.* Note (*) de M. **Auguste Chevalier.**

En 1786, Lamarck décrivait dans l'*Encyclopédie botanique* (2, p. 356), sous le nom d'*Humbertia* (nom emprunté à Commerson) un remarquable genre végétal monotypique, endémique de Madagascar. Presque tous les auteurs

---

(³) *Ibid.*, **10**, 1937-1938, p. 208-225.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

ont classé ce genre dans les Convolvulacées, H. Baillon, au contraire, en a fait une Solanacée. Depuis plus d'un siècle les botanistes recherchent sa place dans la classification, mais ils manquent de documents pour en fixer la position. A.-Laurent de Jussieu en a fait le g. *Endrachium* (1789), J. F. Gmelin le g. *Smithia* (1791); Smith le g. *Thouinia* (1789). Ces quatre genres basés sur les mêmes spécimens sont synonymes. Hallier f., en 1893, plaçait le g. *Humbertia* dans la tribu des *Erycibeæ* caractérisée par le g. *Erycibe*, Roxb. de l'Inde, mais les *Erycibe* sont bien des Convolvulacées.

M. Pichon, du laboratoire de Phanérogamie du Muséum de Paris, dans une Note intéressante (*Notulæ systematicæ*, XIII, juin 1947) vient de montrer que le g. *Humbertia* n'ayant pas de liber interne ne peut être une Convolvulacée; ce ne peut être non plus une Solanacée. Il propose donc d'en faire une famille à part, celle des *Humbertaciées* ne comprenant qu'un unique genre et une seule espèce. L'embryon de l'*Humbertia* n'est pas connu et il est impossible de fixer les affinités de la famille. Hélas, il est peu probable qu'on soit jamais éclairé à cet égard. *H. madagascariensis* est en effet une espèce probablement disparue. L'herbier du Museum en possède quatre exemplaires, un venant d'Étienne de Flacourt qui explora Madagascar vers 1650 et publia l'*Histoire de la Grande Ile* en 1658, un de Philippe Commerson qui étudia la flore de Madagascar et y herborisa en 1770, un de Bojer récolté au début du XIXe siècle, enfin un d'origine anonyme de la même époque (avec fleurs et fruits). Depuis, aucun collecteur ne l'a plus retrouvé, H. Perrier de la Bâthie dit avoir recherché sans succès l'*Humbertia* tout spécialement, notamment dans les forêts de l'Est que son port semble lui assigner pour habitat. En vain. La forêt détruite par les feux de brousse est réduite actuellement à des îlots épars et plusieurs autres espèces de phanérogames peuvent être considérées aussi comme disparues ([1]).

L'*Humbertia* n'était pourtant pas une plante sans intérêt au point de vue des services qu'elle pouvait rendre.

On sait, d'après les notes de Flacourt, rapportées par Pichon, que c'était un gros et grand arbre, au bois incorruptible, jaune et dur et pesant comme le fer, sentant comme le Santal citrin. Or, le Santal citrin (*Santalum album* L.) ou Santal de Mysore est une plante des Indes orientales devenue très rare et qui aurait probablement disparu si le Service forestier des Indes n'en avait commencé la culture depuis près d'un siècle. On sait l'intérêt du Santal en médecine et en ébénisterie fine.

Il existe deux plantes de la famille des Convolvulacées, donnant également un bois parfumé, le Bois de rose des Canaries (*Rhodorhiza scoparia* W. et B.

([1]) Au moment de la correction des épreuves M. Pichon m'informe que quelques exemplaires d'*Humbertia* viennent d'être découverts aux environs de Fort-Dauphin par M. H. Humbert.

et *R. virgata* W. et B.) en voie de disparition parce que saccagées pour la distillation. Dès 1908, J. Pitard constatait que, bien que vivant dans des rochers quasi inaccessibles, à Ténériffe et à la Grande Canarie, elles étaient devenues rarissimes et elles avaient disparu des localités où des botanistes les avaient observées cinquante ou cent ans plus tôt. Nous avons montré (²) le vrai Bois de rose, que cette plante en voie de disparition fournissait, le Bois de rose de l'Antiquité que l'on brûlait dans les temples.

De même le Bois de rose, du Mexique ou Linaloë (*Bursera delpechiana* Poisson), était presque entièrement disparu il y a environ cinquante ans par suite d'une exploitation irraisonnée. Le *Silphium* des Anciens qui se vendait au poids de l'or chez les Grecs et chez les Romains et venant de l'Afrique du Nord, avait déjà disparu du temps de Pline (³).

Tous ces exemples montrent combien il est devenu nécessaire d'organiser la protection de la nature, afin de préserver de la disparition complète des espèces animales ou végétales qui non seulement constituent des *existences* (au sens que Michel Adanson donnait à ce terme dès 1763) ayant leur rôle à jouer dans l'harmonie de la nature, mais qui peuvent être aussi d'une grande utilité pour l'homme. Il en est même sans doute dont les propriétés anthropoïques, c'est-à-dire utilitaires pour l'humanité, ne se sont pas encore révélées.

M. **Waclaw Sierpinski** fait hommage à l'Académie d'une série de Notes relatives à ses travaux de mathématique.

M. **Théodore Monod** fait hommage à l'Académie d'une brochure émanant de l'Institut français d'Afrique Noire, publiée par ses soins et intitulée *Conseils aux chercheurs*.

M. **Maurice Bouly de Lesdain** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Écologie (Phanérogames, mousses, lichens) de quelques sites de Paris.*

M. **Julian Huxley** fait hommage à l'Académie d'une collection des Ouvrages qu'il a publiés : *L'Homme, cet être unique; Essais d'un biologiste; Nous Européens* (en collaboration avec MM. A. C. Haddon et Alexander Morris Carr-Saunders); *Scientific Research and social needs; Évolution, The Modern Synthesis; Problems of relative Growth; Man in the modern World; Évolution and ethics* 1893-1945 (en collaboration avec M. T. H. Huxley); *TVA, adventure in planning; On living in a revolution.*

(²) *Revue de botanique appliquée*, **13**, p. 347.
(³) *Revue de botanique appliquée*, **26**, p. 72.

DÉSIGNATION.

M. **Philibert Guinier** est adjoint à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie à la Conférence constitutive de l'Union Internationale pour la protection de la Nature, qui aura lieu à Fontainebleau, du 30 septembre au 7 octobre 1948.

PLIS CACHETÉS.

M. **Pierre Lapostolle** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 10 décembre 1947 et enregistré sous le n° 12.366.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé *Électronique, Méthode expérimentale pour l'essai* a priori *des lignes à retards pour amplificateur à ondes progressives*.

(Renvoi à l'examen de M. Louis de Broglie.)

CORRESPONDANCE.

M. **Frédéric Riesz**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Robert Hardouin. *La vie des Abeilles solitaires*.

2° Solange Duplaix. *Détermination microscopique des minéraux des sables*. Préface de M. Jacques Bourcart.

3° *Murex Review*, published by Murex Ltd. Rainham, Essex. Volume 1, n° 1.

4° Bureau d'études géologiques et minières coloniales. *Carte géologique internationale de l'Afrique*. Feuille 2 (présentée par M. Charles Jacob).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Structure des points unis des involutions cycliques appartenant à une surface algébrique*. Note (*) de M. **Lucien Godeaux**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit F une surface algébrique contenant une involution cyclique I_p d'ordre premier p. On peut prendre, comme modèle projectif de la surface F, une surface normale d'ordre pn, de S_r, sur laquelle I_p est déterminée par une

(*) Séance du 12 juillet 1948.

homographie cyclique H possédant p axes ponctuels $\sigma_0, \sigma_1, \ldots, \sigma_{p-1}$, dont le premier seul rencontre F et détermine sur celle-ci les points unis de I_p [1]. Si ε est une racine primitive d'ordre p de l'unité, on attache aux axes $\sigma_0, \sigma_1, \ldots, \sigma_{p-1}$ de H les quantités $1, \varepsilon, \varepsilon^2, \ldots, \varepsilon^{p-1}$, invariants projectifs de H. On désigne par $|C_i|$ le système de courbes découpé sur F par les hyperplans de S_r passant par $\sigma_0, \ldots, \sigma_{i-1}, \sigma_{i+1}, \ldots, \sigma_{p-1}$. $|C_0|$ est dépourvu de points-base.

Soit A un point uni non parfait de I_p. Le plan tangent α à F en A est uni pour H et s'appuie en un point sur deux axes de H; on peut toujours supposer que ces axes sont σ_1 et σ_τ. Soient a_1, a_τ les tangentes à F en A s'appuyant sur σ_1, σ_τ.

Appelons C'_0 les courbes C_0 passant par A; elles ont la multiplicité $\rho_1 < p$ en A, les tangentes étant confondues avec a_1, a_τ. Appelons C''_0 les courbes C'_0 assujetties à toucher en A une droite de α distincte de a_1, a_τ; elles ont en A soit la multiplicité $\rho_2 < p$, les tangentes étant confondues avec a_1, a_τ, soit la multiplicité p, les tangentes étant variables. Dans le premier cas, on appellera C'''_0 les courbes C''_0 touchant en A une droite distincte de a_1, o_τ, et ainsi de suite. Déterminer la structure du point uni A équivaut à déterminer le comportement des courbes C'_0, C''_0, ... en A.

Les courbes C_1 ont un point simple en A et y touchent la droite a_τ; les courbes C_τ ont un point simple en A et y touchent a_1.

Soient λ, μ deux entiers positifs satisfaisant à

$$\lambda + \tau\mu \equiv 0 \pmod{p}, \qquad \lambda + \mu < p. \tag{1}$$

Les courbes $\lambda C_1 + \mu C_\tau$ ont la même multiplicité en A que les courbes de l'un des systèmes $|C'_0|$, $|C''_0|$, ... Réciproquement, si les courbes $C_0^{(k)}$ ont la multiplicité $\lambda + \mu$ en A, λ tangentes coïncident avec a_τ et μ avec a_1, les entiers λ, μ satisfont aux conditions (1).

Les courbes $C_0^{(x)}$ ont en commun au moins deux suites de points fixes, infiniment voisins successifs de A; ces points sont unis non parfaits pour I_p, sauf les derniers de chaque suite qui sont unis parfaits. Ces différentes suites appartiennent à des branches des courbes $C_0^{(x)}$, d'origine A, tangentes à a_1 ou à a_τ. Une courbe C_1 et une courbe C_τ rencontrent chacune une courbe $C_0^{(x)}$ en p points réunis en A.

La détermination des suites de points est basée sur la remarque suivante : Soient P_1, P_2, P_3 trois points consécutifs d'une suite, s_1, s_2, s_3 leurs multiplicités pour les courbes $C_0^{(x)}$. On a $s_1 \geqq s_2 \geqq s_3$. Si $s_1 > s_2$, les courbes $C_0^{(x)}$ ont en commun un certain nombre de points infiniment voisins successifs de P_2, dont

(1) *Voir* notre exposé sur *Les involutions cycliques appartenant à une surface algébrique* (Paris, 1935). *Voir* aussi deux mémoires parus dans les Mémoires in-8° de l'Académie de Belgique, 1938 et dans les *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 1938.

le premier P'_2 est distinct de P_3; la somme des multiplicités de ces points est égale à $s_1 - s_2$ et la multiplicité de P'_2 est au plus égale à $s_2 - s_3$.

Pour chaque valeur de p et de τ, on peut ainsi déterminer la structure du point uni A.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les jets supersoniques plans.* Note (*) de M. **Frédéric Zerner**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Si, après avoir appliqué la transformation de Legendre à l'équation du potentiel de vitesse d'un fluide compressible, on introduit les caractéristiques de la nouvelle équation comme coordonnées, on obtient

$$(1)\qquad u=f\left(\frac{\lambda+\mu}{2}\right)\cos\frac{\lambda-\mu}{2},\qquad v=f\left(\frac{\lambda+\mu}{2}\right)\sin\frac{\lambda-\mu}{2},\qquad x=\frac{\partial\chi}{\partial u},\qquad y=\frac{\partial\chi}{\partial v}.$$

$$(2)\qquad \frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu}=\mathcal{F}(\lambda+\mu)\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right),$$

où les fonctions $f[(\lambda+\mu)/2]$ et $\mathcal{F}(\lambda+\mu)$ sont connues.

La surface libre, où $u^2+v^2=\text{const.}$, est alors représentée par la droite $\lambda+\mu=\text{const.}$ et la condition sur cette limite du régime demande qu'elle soit une ligne de courant

$$\frac{dy}{dx}=\frac{v}{u}=\operatorname{tg}\frac{\lambda-\mu}{2}=\frac{\left\{\begin{array}{l}\left[f\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right)-f'\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}-\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)\right]\sin\frac{\lambda-\mu}{2}\\ \quad+\left[f\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)+f'\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-2\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu}+\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right)\right]\cos\frac{\lambda-\mu}{2}\end{array}\right\}}{\left\{\begin{array}{l}\left[f\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right)-f'\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}-\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)\right]\cos\frac{\lambda-\mu}{2}\\ \quad-\left[f\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)+f'\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-2\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu}+\frac{\partial\chi^2}{\partial\mu^2}\right)\right]\sin\frac{\lambda-\mu}{2}\end{array}\right\}},$$

$$(3)\qquad f\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)+f'\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-2\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu}+\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right)=0;$$

$$(4)\qquad \frac{\partial^2\chi}{\partial m^2}=-\frac{f}{2f'}\frac{\partial\chi}{\partial l}\qquad\text{avec}\quad \lambda+\mu=l,\qquad \lambda-\mu=m$$

et par intégration le long de $\lambda+\mu=l=\text{const.}$

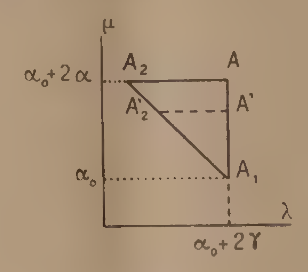
$$(4^{bis})\qquad \left(\frac{\partial\chi}{\partial m}\right)_2-\left(\frac{\partial\chi}{\partial m}\right)_1=-\frac{f^2}{2f'}\int^2\frac{\partial\chi}{\partial l}\,dm.$$

2. L'équation (1) étant hyperbolique, son intégration se fait dans des domaines découpés par des caractéristiques. De ces domaines il y en a qui ne sont limités que par des caractéristiques. Le régime étant donné à la sortie du jet, on y retrouve un problème classique. Les autres sont du type représenté dans la figure à savoir limités de la surface libre et de deux caractéristiques, χ étant donnée sur l'une des deux ($\lambda=\alpha_0+2\gamma$). Pour déterminer χ sur la

(*) Séance du 21 juin 1948.

surface libre, nous appliquons d'abord la méthode des approximations successives

$$(5)\quad \begin{cases} \chi=\sum_0^\infty n\chi_n(\lambda,\mu), \quad \text{sur } \lambda=\alpha_0+2\mu: \quad \chi_0=g(\mu), \quad \chi_n=0 \quad (n\geqq 1), \\ \dfrac{\partial^2\chi_n}{\partial\lambda\,\partial\mu}=\mathcal{F}(\lambda+\mu)\left(\dfrac{\partial\chi_{n-1}}{\partial\lambda}+\dfrac{\partial\chi_{n-1}}{\partial\mu}\right)=\mathrm{G}_n(\lambda,\mu), \quad \mathrm{G}_0(\lambda,\mu)=0, \end{cases}$$



Pour déterminer χ_n en A'_2, nous intégrons (5) sur le triangle $\mathrm{A}_1\mathrm{A}'\mathrm{A}'_2$

$$\iint_{\mathrm{A}_1\mathrm{A}'\mathrm{A}'_2}\frac{\partial^2\chi_n}{\partial\lambda\,\partial\mu}=\chi_n(\mathrm{A}')-\chi_n(\mathrm{A}_1)+\int_{\mathrm{A}'_2}^{\mathrm{A}_1}\frac{\partial\chi_n}{\partial\mu}d\mu=\iint_{\mathrm{A}_1\mathrm{A}'\mathrm{A}'_2}\mathrm{G}_n(\lambda,\mu)\,d\lambda\,d\mu,$$

$$\frac{1}{2}\int_{\mathrm{A}_1}^{\mathrm{A}_2}\left(\frac{\partial\chi_n}{\partial e}-\frac{\partial\chi_n}{\partial m}\right)dm=\chi_n(\mathrm{A}_1)-\chi_n(\mathrm{A}')+\iint_{\mathrm{A}_1\mathrm{A}'\mathrm{A}'_2}\mathrm{G}_n(\lambda,\mu)\,d\lambda\,d\mu,$$

à quoi s'ajoute (4 *bis*) et $\chi_n(\mathrm{A}'_2)=\chi_n(\mathrm{A}_1)+\int_{\mathrm{A}_1}^{\mathrm{A}}\frac{\partial\chi_n}{\partial m}dm$. Tous les termes variables étant des fonctions de A'_2, donc de m, nous obtenons

$$\frac{1}{2}\chi_n+\frac{f'}{2f}\frac{d\chi_n}{dm}+\frac{1}{2}\chi_n(\mathrm{A}_1)-\frac{f'}{f}\left(\frac{\partial\chi_n}{\partial m}\right)_{\mathrm{A}_1}-\chi_n(\mathrm{A}')+\iint_{\mathrm{A}_1\mathrm{A}'\mathrm{A}'_2}\mathrm{G}_n(\lambda,\mu)\,d\lambda\,d\mu,$$

équation qui permet de déterminer χ_n sur le segment $\mathrm{A}_2\mathrm{A}_1$. Tous les coefficients étant bornés, χ_0 l'est aussi, ainsi que ses deux premières dérivées par rapport à m, et l'on peut, tout comme dans les cas classiques, construire une majorante convergente pour $\Sigma\chi_n$, $\Sigma(\partial\chi_n/\partial m)$, $\Sigma(\partial\chi_n/\partial l)=-(2f'/f)\,\Sigma(\partial^2\chi_n/\partial m)$. Le problème est ainsi réduit au problème de Cauchy, seulement, comme nous connaissons aussi χ_n sur $\lambda=\alpha_0+2\gamma$, il semble surdéterminé. Cependant, en écrivant les équations déterminant χ_n dans un point A″ du domaine et en rapprochant ce point de A′, on obtient la même équation qu'avant, donc les valeurs de χ_n prescrites en A′.

5. On peut également appliquer la méthode de Riemann. Soit v la fonction de Riemann. Le théorème de Green conduit alors à

$$\chi_{\mathrm{A}'}=\frac{1}{2}[(v\chi)_{\mathrm{A}'_2}+(v\chi)_{\mathrm{A}_1}]+\int_{\mathrm{A}_1}^{\mathrm{A}'_2}\mathcal{F}(\lambda+\mu)v\chi(d\mu-d\lambda)$$
$$+\frac{1}{2}\int_{\mathrm{A}_1}^{\mathrm{A}'_2}v\left(\frac{\partial\chi}{\partial\mu}d\mu-\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}\right)d\lambda+\frac{1}{2}\int_{\mathrm{A}_1}^{\mathrm{A}'_2}\chi\left(\frac{\partial v}{\partial\lambda}d\lambda-\frac{\partial v}{\partial\mu}d\mu\right).$$

Les intégrales étant prises le long de $\lambda+\mu=l=\lambda_1+\mu_0$, changeons les variables comme avant

$$(\nu\chi)_{A'_1}=2\chi_{A'}-(\nu\chi)_{A_1}+2\mathcal{F}(l)\int_{A_1}^{A'_1}\nu\chi\,dm-\frac{1}{2}\int_{A_1}^{A'_1}\nu\frac{\partial\chi}{\partial l}\,dm+\frac{1}{2}\int_{A_1}^{A'_1}\chi\frac{\partial\nu}{\partial l}\,dm.$$

A l'aide de (4) nous changeons $\int_{A_1}^{A'_1}\nu\frac{\partial\chi}{\partial l}\,dm$ en $-\frac{2f'}{f}\int_{A_1}^{A'_1}\nu\frac{\partial^2\chi}{\partial m^2}\,dm$ et, en intégrant deux fois partiellement, nous obtenons l'équation intégro-différentielle

$$\left(\nu-\frac{2f'}{f}\frac{\partial\nu}{\partial m}\right)\chi+\frac{2f'}{f}\nu\frac{d\chi}{dm}=\left[\frac{2f'}{f}\nu\frac{\partial\chi}{\partial m}-\chi\frac{\partial\nu}{\partial m}-\nu\chi\right]_{A_1}+2\chi_{A'}$$
$$+\int_{A_1}^{A'_1}\left[2\mathcal{F}(l)\nu-\frac{\partial\nu}{\partial l}-\frac{2f'}{f}\frac{\partial^2\nu}{\partial m^2}\right]\chi\,dm,$$

χ et $\partial\chi/\partial m$ étant données à A_1, ν et ses dérivées étant sur $l=\lambda_1+\mu_0$ des fonctions de m seulement, comme l'est $\chi_{A'}$, cette équation n'admet qu'une seule solution. Comme le problème de Cauchy, auquel nous arrivons de nouveau, n'admet également qu'une seule solution, et qu'à chaque régime supersonique continu correspond une solution de (1) continue ainsi que ses premières dérivées, il ne peut en avoir qu'un seul.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le double aspect des équations de Maxwell dans la théorie quantique du rayonnement.* Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le formalisme de l'électrodynamique quantique on retrouve les équations du champ classique dans le vide, qui restent en même temps les équations du champ quantifié, comme les équations décrivant l'état des quanta du rayonnement ([1]), ([2]). Si l'on suppose la validité exacte des équations du champ de l'électromagnétisme classique et si l'on caractérise le champ par un quadripotentiel A, l'équation $\square A=0$ s'interprète comme l'équation d'onde du photon ([1]), ([2]).

Il semble naturel d'essayer dans le même ordre d'idées, en supposant la validité exacte des équations classiques pour les champs quantifiés, d'interpréter les équations différentielles du premier ordre de Maxwell sous la forme opératorielle comme l'équation d'onde de l'état du photon ([3]).

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) V. Fock, *Phys. Zeitschr. d. Soviet-Union*, 6, 1934, p. 428.

([2]) P. A. Dirac, *Comm. Dublin Institute*, n° 1, 1943, p. 1.

([3]) *Voir* aussi C. G. Darwin, *Proc. Roy. Soc.*, A, 136, 1932, p. 36; L. Landau et R. Peierls, *Z. f. Physik*, 62, 1930, p. 188; J. R. Oppenheimer, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 725; L. de Broglie, *Une nouvelle théorie de la lumière*, 1, 1940; 2, 1942. Pour les notations et des résultats cités voir *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 39 (I) et *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 110 (II).

Les équations de Maxwell pour le champ $\Phi = (iE, H)$ peuvent s'écrire sous la forme

$$(1) \qquad i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\Phi = \mathcal{H}\Phi \quad \text{avec} \quad \mathcal{H} = \hbar c \operatorname{rot} \varepsilon = p_x v_x + p_y v_y + p_z v_z;$$

$$(1a) \qquad p_x = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}, \qquad p_y = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}, \qquad p_z = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}, \qquad p^2 = p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 = -\hbar^2\Delta;$$

$$(1b) \qquad v_x = c\sigma_x\varepsilon, \qquad v_y = c\sigma_y\varepsilon, \qquad v_z = c\sigma_z\varepsilon,$$

et avec l'équation de condition $E_{\text{long}}\Phi = 0$ ou $\mathcal{H}^2\Phi = -(\hbar c)^2\Delta\Phi = c^2p^2\Phi$.

Le champ longitudinal peut être exclu d'une façon invariante relativiste. Dans le domaine transversal l'opérateur $\mathcal{H}$ a un spectre continu $\pm h\nu$ et l'on peut se borner au spectre d'énergie positive pour caractériser toutes les possibilités d'onde du champ classique. Les projecteurs des domaines correspondants de $\mathcal{H}$ ont été donnés par (II.9). La nouvelle restriction est $E_-\Phi = 0$ ou $\mathcal{H}\Phi = cp\Phi$, avec $p = +\sqrt{p^2}$.

Un simple calcul direct donne les relations

$$(2) \qquad \begin{cases} \dot{x} = \dfrac{i}{\hbar}(\mathcal{H}x - x\mathcal{H}) = \left(\dfrac{\partial}{\partial x}x - x\dfrac{\partial}{\partial x}\right)c\sigma_x\varepsilon = c\sigma_x\varepsilon = v_x, \\ \dot{y} = \dfrac{i}{\hbar}(\mathcal{H}y - y\mathcal{H}) = c\sigma_y\varepsilon = v_y, \\ \dot{z} = \dfrac{i}{\hbar}(\mathcal{H}z - z\mathcal{H}) = c\sigma_z\varepsilon = v_z. \end{cases}$$

Les opérateurs de vitesse (1b), (2) ont les valeurs propres $\pm c$, 0.

Les opérateurs $\hbar\sigma_x$, $\hbar\sigma_y$, $\hbar\sigma_z$ avec les valeurs propres $\pm\hbar$, 0 et les relations de commutation $\sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_x = i\sigma_z$, ..., peuvent être interprétés comme les composantes du spin du photon, vu que ni ces opérateurs, ni les opérateurs de la forme $L_x = (\hbar/i)[y(\partial/\partial z) - z(\partial/\partial y)]$ ne commutent avec l'hamiltonien $\mathcal{H}$, tandis que les sommes $L_x + \hbar\sigma_x$, $L_y + \hbar\sigma_y$, $L_z + \hbar\sigma_z$ commutent. L'opérateur ε avec les valeurs propres ± 1 caractérise la polarisation circulaire, mais il joue ce rôle seulement si l'on se borne au spectre positif de $\mathcal{H}$.

En cherchant une métrique dans l'espace fonctionnel des Φ,

$$(\Phi', \Phi'') = \int \Phi'^{*} \rho \Phi'' \, dx,$$

avec $dx \sim dx\,dy\,dz$, on peut partir de la condition

$$(3) \qquad \overline{\mathcal{E}} = (\Phi, \mathcal{H}\Phi) = \int \Phi^{*} \rho\mathcal{H}\Phi \, dx = \int \Phi^{*}\Phi \, dx, \qquad \text{alors} \quad \rho\mathcal{H} = 1.$$

En se bornant au sous-espace transversal, on peut définir l'opérateur ρ comme l'inverse de l'opérateur $\mathcal{H}$. Mais afin que la valeur moyenne d'un opérateur U, $(\Phi, U\Phi) = \int \Phi^{*}\rho U\Phi \, dx$, soit définie même dans le cas où $U\Phi$ a

une composante longitudinale, on doit prendre par définition

$$\rho = \frac{1}{\hbar c}\,\mathrm{rot}^{-1}\,\varepsilon\,E_{tr}. \tag{4a}$$

Le projecteur du champ transversal E_{tr} est donné par (II.8). Pour $E_{long}\Phi = 0$, $\mathrm{rot}^{-1}\Phi$ peut être défini d'une façon unique. La condition de normalisation des états Φ est, ainsi, avec (4a)

$$(\Phi, \Phi) = \int \Phi^{\star}\rho\Phi\,dx = 1. \tag{4b}$$

Par cette définition, par exemple, les expressions $(1/c)\Phi^{\star}\sigma_x\varepsilon\Phi$ correspondant au vecteur de Pointing, sont des expressions de densité de l'opérateur $(\mathcal{H}/c^2)v_x$.

La partie réelle de l'expression complexe $\Phi^{\star}\rho\Phi$ peut prendre des valeurs négatives et, ainsi, elle ne peut pas être considérée comme une densité de probabilité des photons dans l'espace. Mais en se bornant aux états d'énergie positive, l'intégrale (4b) est toujours positive. Par rapport aux transformations de Lorentz, l'intégrale (4b), le nombre des photons dans la théorie quantifiée, reste invariante.

On peut introduire la partie paire des opérateurs, d'une façon analogue au procédé de Schrödinger pour l'électron de Dirac, en définissant les opérateurs $(U)_+ = E_+UE_+$ formés avec le projecteur $E_+ = (1/2)(\Lambda^2 + \Lambda\varepsilon)$, $\Lambda = \hbar\,\mathrm{rot}/p$ du spectre d'énergie positive. Les valeurs moyennes de U et de $(U)_+$ sont identiques. Avec les cosinus directeurs $\beta_x = p_x/p$, $\beta_y = p_y/p$, $\beta_z = p_z/p$, on déduit simplement les identités

$$\left\{\begin{array}{lll} (v_x)_+ = c\beta_x, & (v_y)_+ = c\beta_y, & (v_z)_+ = c\beta_z, \\ \left(\dfrac{\mathcal{H}}{c^2}v_x\right)_+ = p_x, & \left(\dfrac{\mathcal{H}}{c^2}v_y\right)_+ = p_y, & \left(\dfrac{\mathcal{H}}{c^2}v_z\right)_+ = p_z, \\ (\sigma_x)_+ = \beta_x\varepsilon, & (\sigma_y)_+ = \beta_y\varepsilon, & (\sigma_z)_+ = \beta_z\varepsilon. \end{array}\right. \tag{5}$$

Le fait qu'on ne peut pas localiser le photon, peut être lié aussi au fait que les coordonnées x, y, z ne sont pas des opérateurs pairs.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les notions d'espace physique et de quasi-espace.* Note (*) de M[lle] **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Le problème de l'espace (¹) présente des aspects variés. Nous examinerons ici une des faces de son aspect physique. Un espace abstrait ($\mathfrak{A}$) devient un espace physique sitôt que ses éléments ont été mis en relation avec des résultats d'expériences de type spatial; pour cela il faut : 1° indiquer par quels ensembles de l'espace ($\mathfrak{A}$) les éléments physiques sont susceptibles d'être

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(¹) F. Gonseth, *La géométrie et le problème de l'espace*, Neuchâtel, 1946.

représentés; 2° définir des voisinages pour ces éléments physiques en termes de résultats de mesures. Il faut alors que la topologie de l'espace ($\mathfrak{A}$) respecte l'organisation définie par les deux conditions précédentes. C'est ce dernier terme qu'il faut préciser.

Un espace abstrait ($\mathfrak{A}$) au sens de M. Fréchet [2] est défini par un ensemble $\mathfrak{A}$ d'éléments et une opération de fermeture. La condition 1° revient à définir une famille $\mathfrak{F}$ de sous-ensembles de $\mathfrak{A}$ et la condition 2° revient à définir une fermeture $\mathfrak{f}$ sur la famille $\mathfrak{F}$. Alors ($\mathfrak{A}$, $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{f}$) *constitue un quasi-espace* [3], car tout point de $\mathfrak{A}$ doit appartenir à un élément de $\mathfrak{F}$ au moins, un élément physique laissé quelconque étant susceptible d'être n'importe où dans l'espace physique, et deux éléments de $\mathfrak{F}$ ne peuvent être inclus l'un dans l'autre, puisqu'ils représentent des éléments physiques non morcelables avec les procédés dont on dispose, donc non susceptibles d'être inclus l'un dans l'autre. Il en résulte que *si* E_1 *et* E_2 *appartiennent à* $\mathfrak{F}$, *alors* $E_1 \cup E_2$ *et* $E_1 \cap E_2$ *n'y appartiennent pas, et si* $e_1 \cup e_2$ *ou si* $e_1 \cap e_2$ *appartient à* $\mathfrak{F}$ *alors ni* e_1 *ni* e_2 *n'appartiennent à* $\mathfrak{F}$.

2. Si l'on considère un ensemble $\mathfrak{A}$ et une famille $\mathfrak{F}$ de sous-ensembles de $\mathfrak{A}$ telle que tout élément de $\mathfrak{A}$ appartient à au moins un élément de $\mathfrak{F}$, et que deux éléments de $\mathfrak{F}$ ne sont pas inclus l'un dans l'autre, alors on peut définir sur $\mathfrak{A}$ différentes topologies à partir de $\mathfrak{F}$. Tout d'abord à chaque point $\mathbf{a}$ de $\mathfrak{A}$ on peut associer l'ensemble $\bar{\mathbf{a}}^{f}$ intersection des ensembles E de $\mathfrak{F}$ qui contiennent $\mathbf{a}$. De cette façon $\mathfrak{A}$ devient un espace à caractère fini [3], la fermeture d'un ensemble $\mathbf{e}$ étant la réunion des fermetures de ses points. On obtient la topologie duale en posant que $\bar{\mathbf{a}}^{f}$ est le premier voisinage de $\mathbf{a}$. Une topologie plus fine peut être définie en remarquant que si un ensemble $\mathbf{e}$ est contenu dans au moins un ensemble E de $\mathfrak{F}$ on peut associer à $\mathbf{e}$ l'ensemble $\bar{\mathbf{e}}^{a}$ obtenu comme intersection des ensembles E de $\mathfrak{F}$ qui contiennent $\mathbf{e}$. Un ensemble $\mathbf{e}$ quelconque peut toujours être décomposé en une réunion d'ensembles e_α contenus chacun dans au moins un ensemble E_α de $\mathfrak{F}$. Soit $\mathfrak{D}$ cette décomposition, on peut associer à un e_α l'intersection $e_{\alpha,1}$ des ensembles E de $\mathfrak{F}$ qui contiennent e_α; à $\mathbf{e}$ on peut alors associer e_1 défini comme la réunion des $e_{\alpha,1}$. Mais la décomposition $\mathfrak{D}$ peut être faite de différentes façons; on peut alors définir la fermeture de $\mathbf{e}$ comme l'intersection de tous les ensembles e_1 obtenus selon les différentes décompositions $\mathfrak{D}$:

$$\bar{\mathbf{e}}^{a} =_d \bigcap_{\mathfrak{D}} \Big[\bigcup_{\alpha} \Big(\bigcap_{E \supseteq e_\alpha} E \Big) \Big] \qquad \big(\text{avec} \quad (\alpha).\exists E_\alpha. \quad e_\alpha \subseteq E_\alpha \text{ et } E_\alpha \in \mathfrak{F}\big).$$

On voit que si $\mathbf{e} \subseteq E$, alors $\bar{\mathbf{e}}^{a} \subseteq E$ et que $\bar{E}^{a} = E$, les ensembles de $\mathfrak{F}$ sont fermés relativement à cette topologie.

---

[2] *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 167.

[3] J. L. DESTOUCHES, *Corpuscules et systèmes de corpuscules*, 1941, p. 93.

3. D'autre part, la fermeture $\mathfrak{f}$ sur $\mathcal{F}$ induit une topologie sur $\mathfrak{A}$ de la façon suivante : soit $\mathcal{E}$ une sous-famille de $\mathcal{F}$, à $\mathcal{E}$ on peut associer $R(\mathcal{E})$, ensemble de $\mathfrak{A}$ constitué par la réunion des éléments de $\mathcal{E}$. La fermeture $\overline{R(\mathcal{E})}$ dans $\mathfrak{A}$ sera définie comme la réunion des éléments de $\bar{\mathcal{E}}$. Pour un ensemble $\mathbf{e}$ quelconque de $\mathfrak{A}$, on peut considérer l'intersection des ensembles $R(\mathcal{E})$ pour toutes les familles $\mathcal{E}$ telles que $\mathbf{e} \subseteq R(\mathcal{E})$ et l'on définira la fermeture de $\mathbf{e}$ induite de $\mathfrak{f}$ comme l'intersection des fermetures des $R(\mathcal{E})$ satisfaisant à la condition précédente, soit

$$\bar{\mathbf{e}}^{f} =_{d} \bigcap_{R(\mathcal{E}) \supseteq \mathbf{e}} \left[\bigcup_{E \in \bar{\mathcal{E}}} E \right].$$

4. Deux quasi-espaces $(\mathfrak{A}, \mathcal{F}_A, \mathfrak{f}_A)$ et $(\mathfrak{B}, \mathcal{F}_B, \mathfrak{f}_B)$ sont dits *physiquement équivalents* si les familles d'ensembles $\mathcal{F}_A$ et $\mathcal{F}_B$ liées aux éléments physiques sont des espaces abstraits homéomorphes. On vérifie que cette équivalence est bien réflexive, symétrique, transitive. La correspondance biunivoque établie entre les ensembles de $\mathcal{F}_A$ et ceux de $\mathcal{F}_B$ ne s'étend pas d'une manière biunivoque à d'autres ensembles de $(\mathfrak{A})$ et $(\mathfrak{B})$.

Soit alors un quasi-espace $(\mathfrak{A}, \mathcal{F}, \mathfrak{f})$ et une fermeture $\mathfrak{f}_a$ définie sur $\mathfrak{A}$; on dira que la topologie $\mathfrak{f}_a$ respecte l'organisation du quasi-espace $(\mathfrak{A}, \mathcal{F}, \mathfrak{f})$ si pour tout ensemble e de $\mathfrak{A}$ on a $\mathfrak{f}_a e \subseteq \bar{e}^{f}$.

A partir des résultats d'expérience on peut définir un quasi-espace à l'équivalence définie ci-dessus près. *Pour qu'un espace soit acceptable comme espace physique, il est nécessaire que sa topologie respecte l'organisation du quasi-espace défini par les résultats d'expériences de type spatial*, en donnant au terme *respecte* le sens que nous venons de définir.

Si l'on ne tient compte que des expériences géométriques à l'échelle humaine, avec leur précision limitée, on constate que l'espace euclidien à trois dimensions respecte le quasi-espace défini par ces expériences. Mais ce respect n'a plus lieu si l'on tient compte de l'ensemble des expériences physiques.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la réalisation d'une mesure du rapport des chaleurs spécifiques des vapeurs hydrocarbures.* Note de Mme **Jacques Huetz**, transmise par M. Jean Cabannes.

Parmi les mesures du rapport γ des chaleurs spécifiques des gaz, la méthode indiquée par Assmann [1] présente l'avantage d'être simple et de permettre des déterminations de γ en fonction de la température et de la pression. Le principe en est le suivant : si l'on fait osciller un liquide, du mercure généralement, dans un tube en U dont les extrémités sont terminées par deux

(1) *Ann. Phys.*, 85, 1852, p. 1.

récipients contenant le gaz à étudier, le γ de ce gaz est donné par la formule

$$\gamma = \frac{K}{P}\left[\left(\frac{T_0}{T}\right)^2 - 1\right], \tag{1}$$

où K est une constante de l'appareil, P la pression de remplissage du gaz, T et T_0 les périodes propres d'oscillation du liquide lorsque les récipients sont respectivement remplis du gaz à étudier et ouverts à l'air libre. Cette formule suppose nul l'amortissement des oscillations et surtout adiabatiques les détentes et compressions du gaz.

Une des rares applications de cette méthode a été faite par Müller ([2]) qui communiquait un ébranlement à l'appareil, mesurait la période propre d'oscillation du mercure, de l'ordre de $0^s,7$ dans ses expériences, sur la durée d'une période seulement, et tirait γ de la formule (1). En plus des défauts inhérents à la méthode (amortissement, manque d'adiabatisme), l'application qui en était ainsi faite entraînait une très grande imprécision sur la mesure de T et T_0. Or un calcul d'erreur fait sur la formule (1) montre que l'erreur absolue sur γ était alors environ 30 fois celle sur la période, soit 0.03 au minimum.

Nous avons également cherché à mettre au point une mesure de γ basée sur le même principe, mais en éliminant ou en corrigeant les causes d'erreur signalées ci-dessus. Nous avons tout d'abord vérifié que l'importance, du reste faible, de l'amortissement était encore atténuée du fait que ce facteur modifie les deux périodes T et T_0 dans le même sens et par conséquent influe peu sur le rapport T_0/T. D'autre part on diminue encore l'erreur en déterminant K expérimentalement au moyen d'un gaz de γ connu, l'air par exemple.

Pour améliorer la précision sur la période, nous avons utilisé une méthode de résonance indiquée par M. Parodi ([3]). L'appareil est animé d'un mouvement de translation horizontal harmonique et de période variable; en faisant varier cette dernière et en mesurant l'amplitude des oscillations du liquide dans le tube, on peut tracer une courbe de résonance et déterminer la période propre du système sur une durée aussi longue qu'on le juge nécessaire. Cette façon d'opérer permet d'obtenir une précision bien supérieure à celle que pouvait atteindre Müller.

Pour ce qui est de l'adiabatisme, nous avons remarqué et vérifié que, contrairement à l'opinion généralement admise au sujet de la méthode d'Assmann, il était possible d'une part de se placer dans des conditions où le phénomène est suffisamment adiabatique pour donner de γ une valeur correcte et d'autre part d'employer, si besoin est, un terme correctif que l'on peut calculer. Il apparaît que, pour une paroi donnée des récipients, trois facteurs interviennent

---

([2]) *Id.*, **18**, 1883, p. 94.

([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 311.

dans les échanges possibles de chaleur avec l'extérieur : le rapport S/V de la surface au volume des récipients contenant le gaz, les valeurs moyennes T des périodes et les amplitudes des oscillations. L'expérience nous a montré qu'un rapport S/V correspond à des récipients de forme sphérique de 10^{cm} de diamètre, des périodes voisines de $0^s,8$ et des amplitudes de 3 à 4^{cm} étaient suffisamment faibles pour donner des valeurs correctes de γ. Ces résultats expérimentaux se trouvent confirmés par le travail de Clark et Katz ([4]); ces auteurs ont de plus calculé un terme qui tient compte du manque d'adiabatisme et par lequel ils corrigent le γ mesuré. Mais, dans le cas de nos expériences et avec les conditions numériques mentionnées ci-dessus, la correction calculée est alors de l'ordre des erreurs d'expérience.

Les valeurs numériques de γ obtenues par cette méthode pour les gaz connus tels que, l'air servant uniquement à l'étalonnage de l'appareil, l'oxygène, l'azote, le gaz carbonique, l'acétylène, l'éthylène et même l'hydrogène, que son pouvoir conducteur, environ 7 à 8 fois supérieur à celui des gaz précédents, rend plus sensible à un manque d'adiabatisme du phénomène, concordent avec celles généralement admises.

Nous avons utilisé ces résultats préliminaires pour mettre au point un appareil en métal supportant des pressions et températures de l'ordre de 10 kg/cm² et 350° C. au maximum; il est muni d'une fenêtre pour observer les oscillations du liquide et placé dans une étuve. Un émaillage intérieur réduit le pouvoir conducteur de la paroi et la protège des corrosions. Nous avons effectué une série d'expériences avec le benzène pour mettre au point l'appareil, ce qui nous a donné comme résultat moyen : $\gamma = 1,07$ à 100° C. sous la pression atmosphérique, le γ de l'air, dans les conditions ordinaires de température et de pression étant pris égal à 1,40. Cette valeur est en bon accord avec celle de Yatkar ([5]) qui emploie la méthode des ultra-sons.

Actuellement nous construisons un système d'entraînement destiné à donner la période à 2.10^{-4} près. Les mesures seront ensuite étendues à des hydrocarbures particulièrement utilisés et à des températures et pressions élevées qu'il faudra connaître avec précision.

ÉLECTRICITÉ. — *Présence d'harmoniques de rang impair dans le courant alternatif traversant certaines résistances non métalliques.* Note (*) de M. **Pierre Sevin**, présentée par M. Camille Gutton.

I. On sait que les résistances constituées par des corps semi-conducteurs agglomérés ne suivent pas rigoureusement la loi d'Ohm. Leur température

---

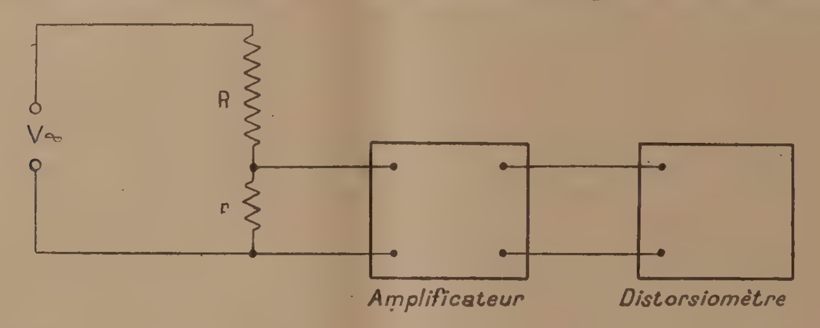
([4]) *Can. J. of Research*, 18, 1940, p. 24.

([5]) *J. Ind. Inst. Sci.*, 22, 1939, p. 19.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

étant maintenue constante, on remarque que la valeur de leur résistance varie en fonction de la différence de potentiel qui leur est appliquée. Cette variation est du reste indépendante du sens du courant et se distingue ainsi de l'effet de rectification des redresseurs à couche d'arrêt. On peut en conclure qu'en appliquant à une telle résistance une différence de potentiel sinusoïdale, il apparaîtra dans le courant traversant la résistance une certaine proportion d'harmoniques de rang impair, en particulier de l'harmonique 3. C'est ce que nous avons vérifié.

II. Notre méthode de mesure de la distorsion était la suivante : on appliquait à la résistance à étudier R une différence de potentiel alternative pro-



venant d'un générateur dont la distorsion était négligeable et dont la fréquence était de 1 000 HZ. Le courant résultant traversait une seconde résistance r dont la valeur très faible (de l'ordre du 1/1 000 de la résistance étudiée) ne risquait pas de perturber la mesure. La différence de potentiel engendrée aux bornes de cette résistance auxiliaire était amplifiée environ 1 000 fois par un amplificateur de distorsion négligeable et analysée à l'aide d'un distorsiomètre. Celui-ci était constitué par une série de cinq amplificateurs sélectifs accordés, le premier sur 1 000 HZ, le second sur 2 000 HZ, etc. Dans chaque amplificateur, un appareil de mesure indiquait le taux de l'harmonique correspondant.

Valeur en ohms de la résistance étudiée.	Tension appliquée en volts efficaces.	Puissance dissipée en milliwatts.	Distorsion en % par harmonique 3.
10^6	100	10	0,85
	40	1,6	$<$ 0,1
10^5	100	100	0,5
	40	16	0,2
	100	200	0,8
5.10^4	40	30	0,4
	10	2	$<$ 0,1
2.10^4	80	320	0,56
10^3	10	100	0,44
	5	25	0,26

III. Nos essais ont porté sur deux types de résistances : les unes étaient constituées par un bâtonnet de matière agglomérée (type A), les autres par un

tube de stéatite recouvert d'une couche plus ou moins épaisse d'un produit conducteur (type B). La puissance nominale de ces résistances, c'est-à-dire la puissance maximum qu'elles peuvent dissiper, était d'un quart de watt. La distorsion apportée par les résistances du type B était inférieure à 0,1 % et n'a pu être mesurée avec exactitude. Par contre la distorsion apportée par les résistances du type A était beaucoup plus élevée; le tableau ci-contre résume les résultats.

IV. D'après ces résultats, on constate que les résistances non métalliques utilisées couramment en radiotechnique peuvent produire une distorsion non négligeable dans le courant qui les traverse lorsqu'on les soumet à des différences de potentiel alternatives.

Nous avons d'ailleurs vérifié qu'en courant continu, la valeur de la résistance diminue lorsqu'on augmente la différence de potentiel appliquée et que cette diminution est plus grande pour les résistances du type A que pour celles du type B.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'interprétation des anomalies des ferromagnétiques aux ondes hertziennes.* Note (*) de M. **Israël Epelboim**, présentée par M. Aimé Cotton.

La répartition non uniforme de la perméabilité dans l'épaisseur du métal indiquée dans une récente Note faite en collaboration avec P. Abadie est vérifiée pour l'ensemble des ferromagnétiques massifs usuels, et ceci confirme l'hypothèse que nous avons déjà utilisée : celle qui relie la grandeur anormale des pertes par courants de Foucault aux forts courants parasites induits à la surface par les couches intérieures de perméabilité plus élevée. L'importance de l'anomalie des pertes par courants de Foucault constitue donc une indication de la répartition des propriétés magnétiques dans l'épaisseur du métal. Voici à ce sujet deux exemples concernant des noyaux annulaires en ruban, constitués d'une seule spire pour éviter l'action parasite entre spires, et mesurés par la méthode des bobines démontables. Le premier noyau en Fe 17 %, Ni 76 %, Cu 5 %, Cr 1,5 % présente des pertes par courants de Foucault deux fois supérieures aux valeurs théoriques. Après deux opérations de polissage anodique qui diminuent sa section respectivement de 8 et de 44 %, la perméabilité initiale mesurée aux fréquences acoustiques et séparée de l'influence des pertes par courants de Foucault passe de 3700 respectivement à 4300 et 5700. Le deuxième noyau en Fe, Ni 76 % longuement recuit dans le vide à 450°, présente des pertes par courants de Foucault à peine supérieures de 20 % aux pertes théoriques. La perméabilité initiale déterminée dans les mêmes conditions que pour le pre-

(*) Séance du 12 juillet 1948.

mier noyau est de 370, mais elle augmente à peine avec le polissage anodique, par exemple de 8 % lorsque la section du ruban diminue déjà de 25 %.

Les alliages de haute perméabilité, comme ceux étudiés par K. Sixtus, présentent des pertes par courants de Foucault dépassant plusieurs fois les pertes théoriques; il est donc à présumer d'après ce qui a été montré plus haut qu'ils possèdent une texture magnétique particulièrement hétérogène. Contrairement à cet auteur nous avons constaté que de tels matériaux obéissent à la loi d'aimantation de Rayleigh, et qu'il n'y a pas lieu dans les champs faibles de chercher de nouvelles lois d'aimantation. L'anomalie de la variation de la perméabilité avec l'amplitude du champ magnétique n'apparaît que pour des accroissements de perméabilité dépassant de 10 % la perméabilité initiale. Mais dans ce domaine et dans le cadre même de la loi de Rayleigh, on ne peut plus négliger l'influence des harmoniques qui agissent comme un accroissemeimt de la fréquence et perturbent d'autant plus la variation de la perméabilité et des pertes avec l'amplitude du champ, que le phénomène de l'aimantation n'est pas réparti uniformément dans l'épaisseur de l'échantillon par suite de sa texture magnétique hétérogène. Cette dernière permet d'expliquer la dispersion anormale des coefficients de la loi de Rayleigh avec l'accroissement de la fréquence, où l'effet de peau fait intervenir des couches superficielles ayant des coefficients plus faibles.

Enfin le phénomène de relaxation des pertes magnétiques par cycle, qui existe déjà aux ondes kilométriques dans le cas des tôles de transformateurs et seulement aux ondes centimétriques pour certains mélanges de ferromagnétiques et de diélectriques, peut s'interpréter également sans faire appel à des lois de variation de la viscosité magnétique, et uniquement par l'influence des courants de Foucault qui déphasent l'induction et le champ d'un certain angle de perte. En effet la perméabilité dynamique (rapport entre l'induction et la composante du champ en phase avec celle-ci) est reliée à la perméabilité consomptive μ_2 par une relation que nous avons démontrée par ailleurs

$$\mu_2 = \mu' \sin\alpha \cos\alpha,$$

et la condition de relaxation des pertes magnétiques par cycle, c'est-à-dire de μ_2, donne

$$\operatorname{tg}^2\alpha - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\mu'}\frac{\partial\mu'}{\partial\alpha} - 1 = 0.$$

Comme $\partial\mu'/\partial\alpha$ est négatif aussi bien pour les métaux massifs aux ondes kilométriques que pour les ferromagnétiques divisés aux ondes centimétriques, on déduit que le phénomène de relaxation se produit toujours pour un angle de perte inférieur à 45°. Remarquons que cet angle de perte n'est pas une caractéristique ferromagnétique : il dépend de la forme du conducteur et non pas de ses propriétés électriques et magnétiques. D'après les calculs développés par V. Arkadiev de la propagation des champs alternatifs dans les conduc-

teurs massifs d'après les équations de Maxwell, nous avons trouvé que cet angle est de 32° pour les conducteurs cylindiques et de 37° pour les conducteurs plats. Nous avons vérifié expérimentalement cette dernière valeur pour l'ensemble des rubans ferromagnétiques étudiés avant et après le traitement par le polissage électrolytique, bien que la fréquence de la relaxation varie dans un large domaine.

En résumé, la connaissance de la texture magnétique réelle des métaux permet d'interpréter les anomalies du comportement des ferromagnétiques aux ondes hertziennes sans faire appel à des hypothèses supplémentaires sur le traînage ou la viscosité magnétique souvent discutéesdans la littérature. Il en découle également des procédés nouveaux d'utilisation des métaux en radio-électricité. (Brev. Fr., P. V. 551537; 557905; 557906; et étrangers 1948, pris en collaboration avec le Centre National de la Recherche Scientifique.)

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la courbe d'amplitude associée à une caractéristique de phase linéaire dans un quadripôle à déphasage minimum.* Note (*) de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est bien connu que, dans un système de transmission en modulation de fréquence, les distorsions harmoniques proviennent exclusivement du défaut de linéarité de phase. Il est donc essentiel, lorsqu'on utilise ce type de modulation, de réaliser des circuits dont le déphasage soit une fonction linéaire de la fréquence sur une étendue suffisante. Nous nous proposons de calculer la courbe de réponse en amplitude d'un quadripôle à déphasage minimum dont le déphasage soit rigoureusement linéaire entre deux limites finies et constant à l'extérieur de ces limites.

M. Bayard ([1]) a explicité la relation qui existe nécessairement, dans un tel quadripôle, entre la phase φ et la fonction $H(p)$ qui définit en notation opératoire, le rapport de la tension de sortie à la tension d'entrée. Cette relation peut se mettre sous la forme suivante :

$$\text{Log}\,\frac{H(p)}{H(0)} = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{p^2\varphi(\lambda)}{p^2+\lambda^2}\,\frac{d\lambda}{\lambda}. \tag{1}$$

Examinons d'abord le cas où la phase est linéaire entre les pulsations 0 et λ_1 :

$$\varphi(\lambda) = \begin{cases} k\lambda & \text{pour } \lambda \leqq \lambda_1, \\ k\lambda_1 & \text{pour } \lambda \geqq \lambda_1. \end{cases}$$

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) *Revue générale d'Électricité*, 37, n° 21, 1935, p. 659.

La formule (1) conduit alors à l'expression

$$\mathrm{Log}\frac{\mathrm{H}(p)}{\mathrm{H}(0)} = \frac{2k}{\pi}\left(p \operatorname{arctg}\frac{\lambda_1}{p} + \frac{\lambda_1}{2}\mathrm{Log}\frac{p^2+\lambda_1^2}{\lambda_1^2}\right).$$

La courbe d'amplitude s'obtient en remplaçant p par $j\omega$ et en prenant la partie réelle. En exprimant le gain (ou l'affaiblissement) A en népers, on trouve ainsi :

$$\text{(2)} \qquad \mathrm{A}(\omega) = \mathrm{A}(0) + \frac{k\lambda_1}{\pi}\mathrm{F}\left(\frac{\omega}{\lambda_1}\right),$$

où

$$\text{(3)} \qquad \mathrm{F}(x) = (x+1)\,\mathrm{Log}(x+1) - (x-1)\,\mathrm{Log}\,|x-1|.$$

Dans le cas plus général, et aussi pratiquement plus intéressant, où la caractéristique de phase est linéaire entre deux valeurs λ_1 et λ_2 de la pulsation ω ($\lambda_2 > \lambda_1$) :

$$\varphi(\lambda) = \begin{cases} 0 & \text{pour } \lambda \leq \lambda_1, \\ k(\lambda - \lambda_1) & \text{pour } \lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2, \\ k(\lambda_2 - \lambda_1) & \text{pour } \lambda \geq \lambda_2. \end{cases}$$

On peut poser $\varphi(\lambda) = \varphi_2(\lambda) - \varphi_1(\lambda)$, avec :

$$\varphi_2(\lambda) = \begin{cases} k\lambda & \text{pour } \lambda \leq \lambda_2, \\ k\lambda_2 & \text{pour } \lambda \geq \lambda_2, \end{cases} \qquad \varphi_1(\lambda) = \begin{cases} k\lambda & \text{pour } \lambda \leq \lambda_1, \\ k\lambda_1 & \text{pour } \lambda \geq \lambda_1. \end{cases}$$

La formule (2) fait correspondre à $\varphi_1(\lambda)$ et $\varphi_2(\lambda)$ respectivement des gains A_1 et A_2, et, en raison de la linéarité de la relation (1) entre le gain en népers et la phase, le gain correspondant à φ est $A_2 - A_1$. On en déduit :

$$\text{(4)} \qquad \mathrm{A}(\omega) = \mathrm{A}(0) + \frac{k}{\pi}\left[\lambda_2\mathrm{F}\left(\frac{\omega}{\lambda_2}\right) - \lambda_1\mathrm{F}\left(\frac{\omega}{\lambda_1}\right)\right].$$

L'étude de cette fonction fait apparaître les particularités suivantes :

a. La courbe de gain possède un maximum à une fréquence égale à la moyenne géométrique de λ_1 et λ_2 ;

b. Le gain tombe plus rapidement vers les fréquences élevées que vers les fréquences basses ;

c. La courbe de gain présente dans l'intervalle λ_1, λ_2 une allure assez arrondie, qui contraste avec les courbes à fond plat que l'on s'efforce parfois de réaliser. On peut en conclure que celles-ci ne correspondent pas à la linéarité de phase optimum.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur deux lois expérimentales reliant l'indice de réfraction et la concentration d'une solution.* Note (*) de M. ANTOINE MERLAND, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Dans un travail récent ([1]) j'ai montré que les indices de réfraction n des solutions aqueuses de chlorure et de nitrate de néodyme suivaient la loi

$$n - n_0 = a(1 - e^{-bC}),$$

où n_0 représente l'indice de réfraction de l'eau pour la radiation considérée et la température donnée, où C représente la concentration de la solution en molécules-grammes par litre, et où a et b sont des constantes caractérisant le sel dissous. a dépend de la longueur d'onde de la radiation considérée, b est indépendant de cette longueur d'onde, dans la limite des erreurs d'expérience.

Je me suis proposé de vérifier si cette loi s'applique à d'autres solutions salines, en utilisant notamment les résultats des mesures, très complètes, de Chèneveau ([2]). Voici, par exemple, les nombres relatifs à une solution de chlorure de sodium, à la température de 15° et pour la radiation jaune (5893 Å).

	$n - n_0$			$n - n_0$	
C.	mesuré.	calculé.	C.	mesuré.	calculé.
5,250.....	0,0464	0,0464	2,653.....	0,0248	0,0248
4,729.....	0,0423	0,0423	2,104.....	0,0199	0,0199
4,205.....	0,0379	0,0380	1,582.....	0,0153	0,01515
4,141.....	0,0335	0,0337	1,058.....	0,0104	0,01025
3,160.....	0,0292	0,0292	0,522.....	0,0051	0,0051

Les nombres de la dernière colonne ont été calculés en prenant

$$a = 0,22106, \qquad b = 0,04478.$$

Comme les indices de réfraction ont été mesurés avec une incertitude absolue de 0,0001, les différences $n - n_0$ sont déterminées à 0,0002 près. La loi est donc vérifiée, dans la limite des incertitudes expérimentales, pour les concentrations utilisées et le sel cité. Elle est vérifiée, avec la même approximation, pour les solutions des sels qui figurent dans le tableau suivant, donnant les valeurs des constantes a et b. Les indices sont toujours relatifs à la radiation jaune et à la température de 15°C.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) *Thèse*, A 2211, n° 3082, Paris, 1948.

([2]) *Thèse*, A 542, n° 1266, Paris, 1907.

Formule du sel dissous.	*a*.	*b*.	Formule du sel dissous.	*a*.	*b*.
Cl_2Mg	0,3506	0,0661	NO_2K........	0,1325	0,0653
$(NO_3)^2Mg$....	0,6661	0,0305	NO_3Na.......	0,1534	0,0599
SO_4Mg.......	0,1650	0,1407	SO_4Na_2......	0,1064	0,1938
ClK	0,1691	0,0582	$S_2O_3Na_2$.....	0,4537	0,0649
BrK	0,3206	0,0441	Cl_2Ba........	1,4301	0,0206
IK...........	1,292	0,0165	Cl_2Ca........	0,4140	0,0584
NO_3K........	0,0902	0,1077	SO_4Cu.......	0,3139	0,0886
SO_4K_2.......	0,0528	0,4175	$ClNH_4$.......	0,6779	0,0145

Pour certains sels, la loi paraît s'étendre jusqu'à la concentration C_m qui correspond à l'état cristallisé. Elle donne, pour l'indice du sel cristallisé, une valeur assez voisine de la valeur mesurée, et dans la limite résultant des approximations sur *a* et *b*. Voici quelques chiffres :

Formule du sel.	Indice *n* à l'état solide		Formule du sel.	Indice *n* à l'état solide	
	mesuré.	calculé.		mesuré.	calculé.
IK...........	1,667	1,674	ClK	1,490	1,467
BrK.........	1,559	1,539	ClNa	1,554	1,513

L'interprétation théorique de cette loi sera l'objet d'un autre travail. Elle montre que la constante *b* est généralement égale à $(v_1 + v_2)$, v_1 et v_2 étant les *volumes* des ions dissous, volumes évalués en litres par ion-gramme. Elle permet de retrouver, en certains cas, le degré d'hydratation des ions obtenu par d'autres méthodes.

II. J'ai montré, dans le travail cité, qu'on peut aussi écrire, pour les solutions aqueuses de nitrate et de chlorure de néodyme, l'invariance du quotient $(n-1):V^{2/3}$ quand la concentration C varie. V représente le *volume moléculaire*, c'est-à-dire le volume propre d'une molécule-gramme de sel à l'état dissous.

Cette loi n'est pas générale. Elle est vérifiée pour les solutions aqueuses des sels suivants :

ClK (concentration : 1 à 4 moléc. gr/litre), Cl_2Ba (0,26 à 1,34), NO_3K (0,45 à 2), Cl_2Ca (1 à 5), NO_3Na (0,6 à 6), IK (1 à 2,5), INa (0,5 à 2), BrNa (0,5 à 2), NO_2K (0,6 à 1,5).

Elle ne s'applique pas aux solutions de : BrK (0,5 à 4), ClNa (0,5 à 5), SO_4K_2 (0,07 à 0,5), SO_4K_2 (0,1 à 0,9), $ClNH_4$ (1 à 5).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un état métastable de la gélatine obtenu par séchage à température élevée.* Note (*) de MM. **R. Pinoir** et **J. Pouradier**, présentée par M. Paul Pascal.

Il est bien connu que les propriétés physiques et mécaniques d'un échantillon de gélatine dépendent des conditions dans lesquelles il a été séché. Mais toutes les études qui ont été

(*) Séance du 5 juillet 1948.

faites à ce sujet, à notre connaissance, ont porté sur des gélatines qui avaient été figées avant séchage, suivant le mode opératoire habituel, c'est-à-dire que ces gélatines étaient restées durant tout le séchage à une température inférieure à 40°, température de fusion des gels les plus concentrés.

Il nous a paru intéressant d'étudier les propriétés de gélatines sèches obtenues à partir de bouillons de diverses concentrations, par séchage à température supérieure à 40°, c'est-à-dire par séchage sans figeage préalable.

Dispositif expérimental. — La méthode employée consistait à évaporer lentement, dans un thermostat contenant un déshydratant, la solution de gélatine placée en couche mince dans le fond d'un récipient plat. L'évaporation durait de 2 à 4 heures.

Résultats expérimentaux. — 1° La surface d'une gélatine séchée à 70° est beaucoup plus brillante que celle de la même gélatine séchée après figeage.

2° Si l'on plonge dans de l'eau assez froide (18°, par exemple) un morceau de gélatine séchée à 70°, il gonfle et il faut ensuite élever la température jusqu'à la température de fusion normale (35° dans le cas considéré) pour obtenir la liquéfaction du gel.

Si l'on plonge cette même gélatine dans de l'eau à température de plus en plus élevée, à partir de 25 à 26° on voit, grâce à la différence d'indice, que la surface se dissout directement, tandis que la masse continue à gonfler. Si l'on continue à élever la température, la dissolution devient de plus en plus rapide, et le gonflement intervient de moins en moins dans le phénomène.

3° Si la gélatine séchée à 70° est broyée très finement, son comportement reste sensiblement le même que dans le premier cas lorsqu'elle est mise au contact de l'eau à basse température. Par contre, si on la met dans de l'eau à température plus élevée, la dissolution est considérablement accélérée à cause de la grande surface d'échange et le rôle du gonflement devient négligeable même à 25°. On obtient ainsi, par dissolution directe, une solution d'aspect homogène. Cette solution se gélifie d'ailleurs spontanément au bout de quelques heures en donnant un gel homogène et rigide. La gélatine séchée normalement, traitée de la même façon, gonfle, mais conserve un aspect tout à fait hétérogène.

Analyses aux rayons X. — Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux obtenus par Katz et ses collaborateurs [1] sur la diffraction des rayons X par la gélatine.

Ces auteurs ont montré que si un sol de gélatine est évaporé à une température supérieure à 65°, la gélatine obtenue donne un diagramme de substance amorphe, alors que la gélatine séchée à basse température donne un dia-

---

(1) Katz, Derksen et Bon, *Rec. Trav. Chim.*, 50, 1931, p. 725 et 1138; 51, 1932, p. 835 et 513, cité par Heymann. *The sol-gel transformation*, Paris, 1936.

gramme représentant des lignes distinctes caractéristiques d'une substance organisée.

Explication. — Il semble que l'on puisse expliquer ces anomalies, et en particulier, l'existence de deux points de fusion, en admettant que la gélatine séchée à haute température subit une espèce de trempe et qu'elle reste sous la forme stable à chaud, c'est-à-dire sous la forme sol qui correspond à une dispersion moléculaire; l'organisation en gel ne se produirait que s'il y a figeage de la gélatine avant le séchage.

Autrement dit, les molécules, libres dans le sol, qui s'orientent et s'assemblent partiellement lors du figeage pour donner un système organisé, restent dispersées durant le séchage à température élevée et, une fois l'eau évaporée, ne peuvent plus s'orienter et s'assembler. La gélatine ainsi obtenue ne peut donc donner aux rayons X qu'un spectre de substance amorphe.

Les études de Knaggs, Manning et Schryver [2] et celles de Goddard [3] sur la solubilité de la gélatine à froid, ont montré que la fraction soluble, en équilibre avec un gel gonflé, est constituée par des molécules libres, alors que dans le gel les molécules sont liées les unes aux autres par des forces secondaires.

On conçoit donc que si dans la gélatine séchée à haute température les molécules sont indépendantes, le point de fusion dans l'eau soit abaissé. Mais si l'on plonge cette gélatine dans de l'eau froide pour la disperser complètement, elle s'imprègne d'eau, gonfle et se réorganise en gel pour reprendre toutes les propriétés de la gélatine ordinaire.

Cette hypothèse est confirmée par l'évolution de la solution, obtenue à 25°, de la poudre de gélatine séchée à température élevée. Puisque cette solution évolue lentement à 25° pour donner un gel homogène et que, pour obtenir un tel gel, il est absolument nécessaire de passer par l'état sol, ceci prouve que cette solution est bien un véritable sol, c'est-à-dire que la gélatine y est dispersée à l'état moléculaire et désorienté. Et, de même que lorsqu'on refroidit brutalement à 25° une solution de gélatine, on obtient une solution instable évoluant vers la forme gel, de même la solution ainsi obtenue évolue-t-elle pour se réorganiser en gel.

Conclusions. — Par séchage de la gélatine au-dessus de 65°, on maintient celle-ci sous sa forme sol, stable à chaud et soluble dans l'eau à plus basse température que la gélatine ordinaire. En broyant finement cette gélatine, on obtient une poudre directement soluble dans l'eau, qui donne, sans qu'il soit nécessaire de chauffer, une solution homogène qui prend ensuite en gel à la même température.

(2) *Biochem. J.*, 17, 1923, p. 473.
(3) *J. Soc. Chem. Indust.*, 61, 1942, p. 176.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un type de transformation commun aux protoxydes de manganèse, fer, cobalt et nickel.* Note (*) de M. **Marc Foex**, présentée par M. Paul Lebeau.

Un certain nombre de travaux ont montré l'existence, à basse température, de transformations des protoxydes de manganèse, de fer et de cobalt, se traduisant, en particulier, par un maximum aigu de la chaleur spécifique (Millar) ([1]), et une forte anomalie magnétique (phénomène d'antiferromagnétisme) (Bizette, Squire et Tsaï) ([2]), ([3]), ([4]).

Je me suis proposé ici d'étudier parallèlement, à l'aide d'une méthode dilatométrique, différents protoxydes de structure cubique, appartenant au même groupe, c'est-à-dire les protoxydes de manganèse, fer, cobalt et nickel.

Ces oxydes sont obtenus comme suit : MnO par réduction de l'oxyde salin dans l'hydrogène à 1000° C.; FeO par traitement sous vide à 1200° C. d'un mélange en proportions stœchiométriques de sesquioxyde et de fer métallique (le produit est ensuite trempé pour éviter la transformation, au cours du refroidissement, du protoxyde en fer et oxyde salin); CoO par traitement sous vide à 1200° C. du sesquioxyde; NiO par calcination à l'air du nitrate.

Les produits sont agglomérés par compression et cuisson et leur dilatation est enregistrée au moyen d'un dilatomètre Chenevard à haute sensibilité, en opérant en atmosphère d'azote pour les essais effectués au-dessus de la température ordinaire avec les trois premiers oxydes. Dans le cas du protoxyde de fer, les essais ont été limités à 200° C. afin d'éviter sa transformation en Fe_3O_4 et Fe.

Les valeurs des coefficients de dilatation des différents oxydes étudiés sont représentées en fonction de la température (figure). Les phénomènes observés sont très sensiblement réversibles sans inertie thermique appréciable. Il est possible de faire les remarques suivantes :

1° chaque courbe possède une allure analogue; depuis les basses températures, le coefficient de dilatation augmente d'une façon progressive, de plus en plus rapidement, passe par un maximum aigu, puis diminue ensuite extrêmement vite, pour atteindre une zone à évolution lente.

2° L'anomalie dilatométrique présentée par chaque oxyde est située à une température d'autant plus élevée que le numéro atomique de l'élément correspondant est plus grand. On note les valeurs suivantes : MnO, 116° K. (—157° C.); FeO, 186° K. (—87° C.); CoO, 292° K. (+19° C.); NiO, 523° K. (+250° C.).

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) R. W. Millar, *J. Amer. Chem. Soc.*, **50**, 1928, p. 1875 et **51**, 1929, p. 215.

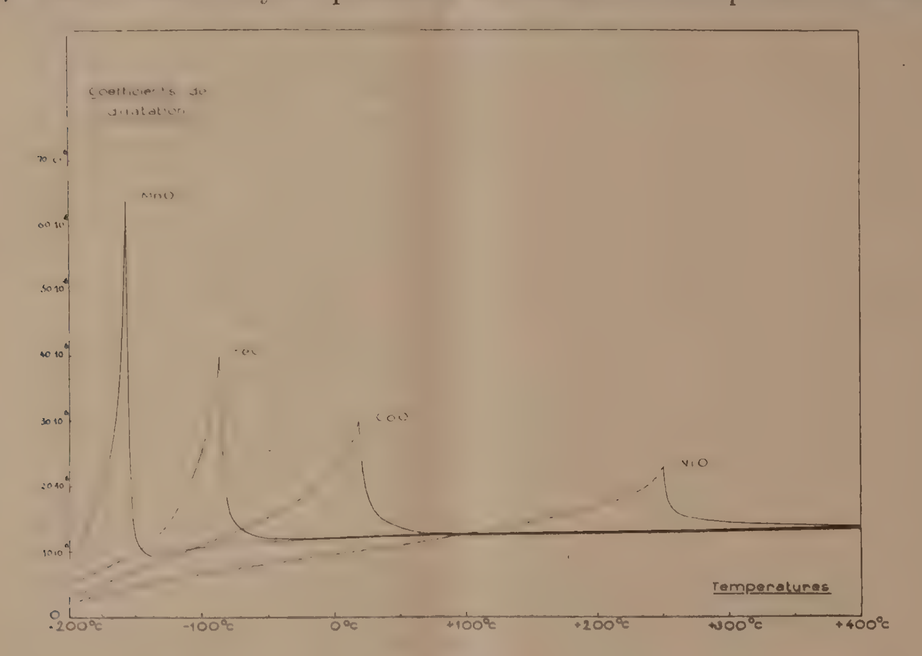
([2]) H. Bizette, C. F. Squire et B. Tsai, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 449.

([3]) H. Bizette et B. Tsai, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 390.

([4]) H. Bizette, *Annales de Physique*, **1**, 1946, p. 233.

3° L'intensité du phénomène est d'autant plus importante que la température de transformation est plus basse. Les valeurs maxima des coefficients de dilatation sont : MnO, 64.10^{-6}; FeO, 41.10^{-6}; CoO, 30.10^{-6}; NiO, 23.10^{-6}.

4° Les différents oxydes possèdent au-dessus de leurs points de transfor-



mation, des coefficients de dilatation du même ordre; aux basses températures, par contre, il existe de très nettes différences, les coefficients observés augmentant beaucoup de l'oxyde de nickel à l'oxyde de manganèse.

L'analyse aux rayons X ne mettant pas en évidence de changement de la forme cristalline, il s'agit de transformations du deuxième ordre, appartenant, d'après la forme des courbes, au type λ. Notons que les chaleurs spécifiques donnent des courbes d'allure très semblables à celles obtenues ici pour les coefficients de dilatation.

En résumé, les essais précédents ont permis de mettre en évidence pour chacun des oxydes étudiés (MnO, FeO, CoO, NiO) la présence d'un même type d'anomalie dilatométrique; la température et l'intensité du phénomène évoluant progressivement en fonction de la position de l'oxyde dans la série.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la préparation de nouvelles magnétites par substitution aux ions ferriques d'autres ions trivalents.* Note (*) de MM. **André Michel** et **Émile Pouillard**, transmise par M. Pierre Jolibois.

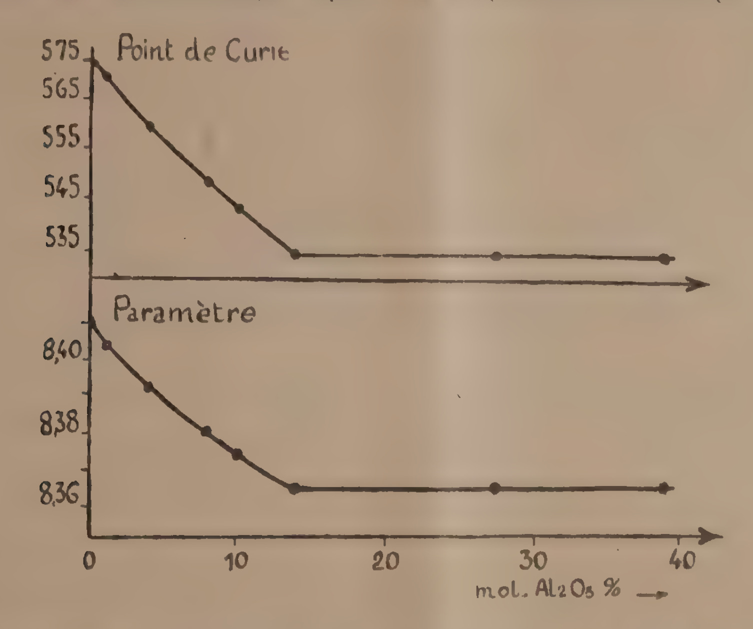
Dans un travail sur la magnétite, Chaudron et Bénard (¹) ont montré qu'il était possible de substituer aux Fe^{++} d'autres ions divalents comme Mg^{++}

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(¹) *Comptes rendus*, **214**, 1937, p. 766.

et Cu^{++} en chauffant simplement la magnétite et l'oxyde métallique correspondant. Cette méthode n'a pas permis à ses auteurs de réaliser un remplacement des ions ferriques par des ions trivalents comme Al^{+++} ou Cr^{+++}. Nous avons pu réaliser cette substitution par réduction à 400° par l'hydrogène d'oxydes mixtes $(FeAl)_2O_3$ (²). On sait que ces solutions solides sont beaucoup plus difficiles à réduire que le sesquioxyde de fer (³).

Nous avons étudié les magnétites substituées ainsi obtenues par les rayons X et par l'analyse thermomagnétique. Les diagrammes de la figure résument



nos expériences. Ils indiquent la variation du point de Curie et de l'arête du cube de la magnétite en fonction de la teneur en alumine du cristal mixte.

On constate une variation continue de la valeur du paramètre a qui passe de $a = 8,413$ Å à $a = 8,365$ Å pour la solution solide limite, tandis que le point de Curie s'abaisse de 575° à 535°. La substitution des ions Al^{+++} aux ions Fe^{+++} s'arrête lorsqu'un ion Fe^{+++} sur 7 environ a été remplacé.

Il y a lieu de remarquer que les sesquioxydes substitués, dont la teneur en alumine est inférieure à 10 %, donnent par réduction une phase homogène qui est la magnétite substituée correspondante, tandis que les sesquioxydes plus riches en alumine donnent un mélange à deux phases, l'une étant la magnétite substituée au maximum et l'autre de l'alumine cubique.

Nous avons constaté que l'on pouvait préparer d'une manière analogue des magnétites dans lesquelles les ions ferriques sont remplacés par des ions Cr^{+++}.

(²) H. Forestier et G. Caudron, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1164.

(³) F. Olmer, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1197.

La solution solide limite correspond dans ce cas au remplacement d'environ 1 ion Fe^{+++} sur 6.

L'oxydation à basse température de ces magnétites substituées conduit à une nouvelle famille de sesquioxydes cubiques de fer dont nous avons déterminé les paramètres cristallins et les points de Curie. Nous indiquerons ces valeurs dans une publication plus détaillée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des ultra-sons sur les suspensions aqueuses de sulfate de baryum.* Note (*) de M[lle] **Agnès Mathieu-Sicaud** et M. **Gustave Levavasseur**, présentée par M. Charles Mauguin.

Quand on examine au microscope électronique des précipités très fins, on observe que les particules sont agglomérées en amas plus ou moins volumineux. Nous avons cherché à disperser ces précipités à l'état de particules élémentaires à l'aide des ultra-sons (U.-S.) produits par un quartz piézoélectrique. Nous avons opéré sur des précipités de sulfate de baryum en particules cristallines d'environ 1000 Å en étudiant les trois facteurs : durée d'exposition aux U. S.; puissance, fréquence.

Les suspensions sont observées avec un néphélomètre muni d'un galvanomètre enregistreur.

La dispersion est définie par la différence entre les déviations du galvanomètre observées sur la solution initiale d'une part et sur la solution après passage aux U.-S. *Les résultats obtenus ont été contrôlés au microscope électronique.* Les ondes stationnaires nous ont donné une dispersion meilleure que celle obtenue par les ondes progressives. Les dispersions observées sont respectivement de 126 et de 51 (fréquence 940 Kc). Les expériences ont donc été poursuivies avec des ondes stationnaires.

1° *Influence du temps d'exposition.* — Les courbes de la figure 1 donnent les résultats relatifs à la fréquence 1600 Kc. Les préparations sont soumises au rayonnement par des expositions répétées de 1 minute (courbe *a*), de 3 minutes (courbe *b*), ou de 25 minutes consécutives (point *c*), séparées par des temps de repos. Après un repos de 15 heures on observe une réagglomération partielle. Après nouveau passage aux U.-S. par période de 3 minutes, on obtient les courbes a' et b' qui montrent une meilleure dispersion.

Avec les solutions fraîches (courbes *a* et *b*) et avec un mode opératoire déterminé, il est impossible d'améliorer la dispersion après un certain temps. C'est en opérant par périodes d'irradiation de 3 minutes que la dispersion est maximum ; c'est le mode opératoire adopté par la suite.

2° *Influence de la puissance.* — En utilisant une fréquence de 2880 Kc, on a

(*) Séance du 12 juillet 1948.

vérifié que la dispersion est, pour un temps donné, d'autant meilleure que la puissance est plus grande. En excitant le quartz avec des courants d'intensités

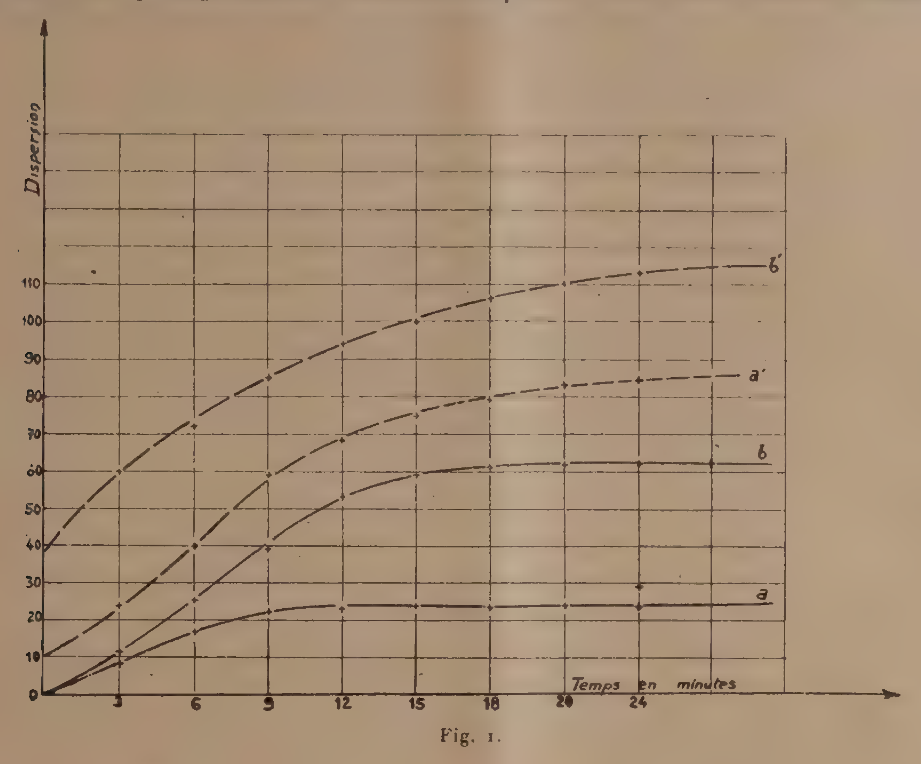


Fig. 1.

de 1,25 A, 1,60 A, 1,85 A, on note au néphélomètre des dispersions de 26, 33 et 51,5.

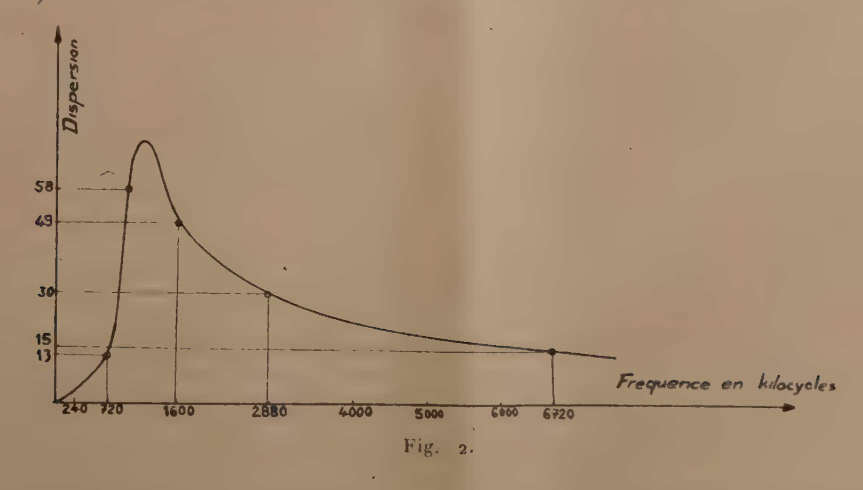


Fig. 2.

3° *Influence de la fréquence.* — On a choisi un temps d'exposition de 12 minutes (correspondant à peu près aux paliers des courbes 1 *a* et *b*). La dispersion en fonction de la fréquence est représentée par la courbe 2.

Remarque très importante : *il existe une fréquence optimum pour laquelle on obtient la meilleure dispersion. Pour des particules de sulfate de baryum d'environ* 1000 Å *de diamètre, cette fréquence se trouve entre* 960 *et* 1600, *très probablement vers* 1000 Kc. Si la taille des particules croît, la fréquence correspondant au maximum de dispersion est déplacée vers les fréquences plus basses.

CHIMIE THÉORIQUE. — *L'étude de l'acénaphtylène, du fluoranthène et du dinaphtylène par la méthode des orbitales moléculaires.* Note (*) de M. **Camille Sándorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Récemment, nous avons étudié ces trois corps (1) (2) à l'aide de la méthode des diagrammes moléculaires de mésomérie (3). Nous avons insisté sur les difficultés auxquelles se heurte l'emploi rigoureux de la méthode, surtout à cause de l'impossibilité de choisir une série canonique de formules mésomères.

La méthode des orbitales moléculaires (4) fournit un autre procédé pour l'étude de ces corps.

Le tableau I renferme les charges (CH) et les valences libres (F_0) pour les

Tableau I.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	I.	II.
					Acénaphtylène.						
CH......	0,939	1,008	0,907	1,044	1,059	–	–	–	–	0,996	1,090
F_0......	0,424	0,356	0,427	0,071	0,428	–	–	–	–	0,046	0,124
F_M......	0,19	0,10	0,16	0,08	0,20	–	–	–	–	0,07	0,15
					Fluoranthène.						
CH......	0,960	1,005	0,944	1,025	1,030	0,999	1,012	–	–	1,000	1,050
F_0......	0,416	0,347	0,405	0,111	0,100	0,381	0,347	–	–	0,048	0,116
F_M......	0,23	0,11	0,22	0,11	0,16	0,17	0,16	–	–	0,11	0,21
					Dinaphtylène.						
CH......	0,968	1,004	0,961	1,026	1,029	0,992	1,005	0,995	1,000	0,997	1,043
T_0......	0,421	0,378	0,400	0,100	0,095	0,445	0,056	0,404	0,357	0,051	0,105
F_M......	0,23	0,12	0,22	0,09	0,15	0,21	0,13	0,16	0,15	0,09	0,19

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1288-1290.

(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1611-1613.

(3) R. Daudel et A. Pullmann, *Journ. de Physique*, **7**, 1946, p. 59, 74, 105.

(4) *Voir* par exemple C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A **191**, 1947, p. 40.

divers sommets de ces molécules. Les F_M sont les indices de valence libre de mésomérie obtenus précédemment.

Le Tableau II permet la comparaison des ordres de liaison (B. O.) et des indices de liaison de mésomérie (i).

TABLEAU II.

	1-2.	2-3.	3-4.	4-5.	5-6.	6-7.	7-8.	8-9.	1-I.	I.-II.	4-I.	5-5′.	7-7′.	9-9′.
							Acénaphtylène.							
B. O.....	0,705	0,619	0,634	0,463	–	–	–	–	0,551	0,532	0,512	0,789		
i.......	0,48	0,42	0,42	0,21	–	–	–	–	0,33	0,27	0,29	0,59	–	
							Fluoranthène.							
B. O.....	0,711	0,622	0,653	0,397	0,620	0,679	–	–	0,553	0,526	0,519	0,563	0,654	-
i.......	0,45	0,45	0,34	0,26	0,39	0,45	–	–	0,32	0,25	0,28	0,19	0,39	
							Dinaphtylène.							
B. O.....	0,710	0,622	0,658	0,400	0,673	0,562	0,555	0,721	0,549	0,531	0,522	0,512	0,507	0,602
i.......	0,44	0,44	0,34	0,27	0,43	0,36	0,35	0,49	0,33	0,25	0,28	0,15	0,16	0,36

On voit que dans l'ensemble, l'accord entre les ordres de grandeur obtenus par les orbitales moléculaires et par l'approximation de mésomérie est très satisfaisant.

Plus la molécule devient grande, plus les charges s'approchent de l'unité. Les valences libres montrent que les sommets α des noyaux de naphtalène restent les plus réactifs, mais le sommet 3 quoique en position β s'associe à eux. La déformation du noyau de naphtalène qui figure dans les trois corps ne dépend pas beaucoup de la grandeur de l'autre partie des molécules.

En observant la distribution des charges dans les différentes orbitales moléculaires (que nous ne pouvons pas reproduire ici), on aperçoit que pour chacun des trois corps, il y a des orbitales où toute la charge est concentrée aux sommets 2, 3, I, II, 2′ et 3′, c'est-à-dire où toute une partie des molécules (même dans le dinaphtylène) est entièrement dépourvue d'électrons π.

Or, si l'on réussit à trouver une raie spectrale dont la longueur d'onde corresponde à une transition entre deux tels états, ceci permettrait la localisation de cette transition dans le naphtalène auquel appartiennent les dits sommets. Une transition dont l'état initial serait un tel état permettrait une semi-localisation. Ces faits pourraient gagner d'importance si de tels états pouvaient être trouvés chez des corps renfermant également deux parties partiellement indépendantes.

Chez ces transitions *localisées*, une partie de la molécule prête ses électrons à l'autre, et ceci doit conduire à l'accroissement de la probabilité de ces transitions. Ce serait une interprétation possible des courbes d'absorption de certains complexes métalliques ([5]) où même la bande propre du métal se hausse par suite de la formation du complexe. La possibilité de telles interprétations est d'ailleurs donnée par l'existence même d'orbitales moléculaires.

([5]) A. KISS et D. CZEGLÉDY, *Z. anorg. allg. Chem.*, 235, 1938, p. 407.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'hydrolyse du nitrate de plomb.* Note (*) de MM. **Max Geloso** et **Jacques Faucherre**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous nous proposons d'exposer ici le résultat de nos recherches sur la constitution des ions basiques qui prennent naissance au cours de l'hydrolyse du nitrate de plomb.

Considérons un ion simple A^{z+} susceptible de former, par hydrolyse, un ion basique n fois condensé $\{A(OH)_m\}_n^{y+}$ et désignons cet ion par le symbole $\mathcal{A}_n^{y+}$. L'hydrolyse s'écrit :

$$nA^{z+} + pH_2O \rightleftarrows \mathcal{A}_n^{y+} + qH^+,$$

et obéit à la relation :

$$\frac{[\mathcal{A}_n^{y+}][H^+]^q}{[A^{z+}]^n} = k, \tag{1}$$

où les quantités entre crochets représentent les activités de chaque espèce d'ion. A force ionique constante et suffisamment élevée, on est en droit de confondre activités et concentrations. La relation (1) fournit alors une constante *apparente* K de l'hydrolyse, pour la force ionique μ considérée.

Soit c la concentration du sel à l'origine. Par un raisonnement analogue à celui établi par P. Souchay [1], on peut poser, à l'équilibre

$$[\mathcal{A}_n^{y+}] = \frac{[\overset{+}{H}]}{q}, \qquad [A^{z+}] = c - \frac{n[\overset{+}{H}]}{q} \approx c, \qquad \text{d'où} \quad [\overset{+}{H}] = \sqrt[q+1]{Kc^n},$$

ou encore

$$\log[\overset{+}{H}] = \frac{n}{q+1}\log c + \frac{1}{q+1}\log K.$$

Par dilution, une variation de la concentration en ions H se produit, qui s'exprime par la relation différentielle

$$\frac{dpH}{d\log V} = \frac{n}{q+1}. \tag{2}$$

Des recherches récentes [2] et [3] sur l'hydrolyse du nitrate de plomb conduisent à des résultats dont la divergence peut être attribuée aux conditions opératoires.

Dans ces mesures, en particulier, une impureté de 10^{-5} ion $\overset{+}{H}$ par litre est du même ordre de grandeur que l'effet de l'hydrolyse.

Nous avons constaté qu'il convient de porter toute son attention sur la purification des sels employés, sur l'attaque possible du verre des récipients et tout spécialement sur les perturbations dues à la dissolution du gaz carbonique de

---

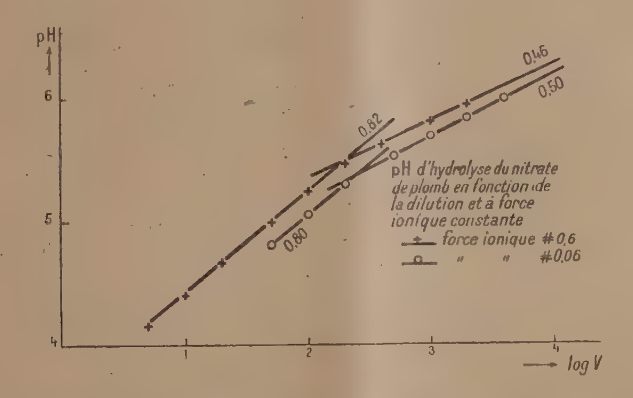
(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 3-4, 1948, p. 463.

(2) Cranston-Brown, *J. Roy. Techn. Coll. Glasgow*, 4, 1937, p. 54.

(3) K. J. Pedersen, *D. Kgl. Danske. Vid.*, V, 22, 1945, p. 10.

l'air. Du nitrate de plomb *pur pour analyse* est dissous à chaud [4] dans une faible quantité d'acide nitrique N/100 et filtré. La cristallisation est produite rapidement par refroidissement et avec agitation afin d'obtenir des microcristaux. Cette opération est recommencée au moins cinq fois jusqu'à obtention d'un sel qui, en solution aqueuse de concentration M/10, accuse un pH identique (4,43), après deux cristallisations successives. Le produit essoré, lavé ou non à l'alcool, est séché sur chlorure de calcium. Pour une première série de mesures, on prépare en flacon paraffiné et sous azote une solution 2.10^{-1} M de nitrate de plomb. La liqueur de dilution est une solution de même concentration de nitrate de baryum, purifié avec les mêmes précautions et séché à 50°. Dans ces conditions, toutes les dilutions ont la même force ionique $\mu \approx 0,6$. Une seconde série d'expériences est effectuée sur des solutions de force ionique $\mu \approx 0,06$. Les mesures sont prises à l'électrode de verre sous barbotage d'azote, à 20° C.



Les points figuratifs se situent, *en première approximation* et pour chacune des séries d'expériences, sur deux droites concourantes dont les pentes sont très voisines de 0,8 et 0,5, ce qui d'après la relation (1) correspond à $n=4$ et $n=1$.

L'hydrolyse du nitrate de plomb donne donc lieu à deux équilibres distincts suivant la concentration

(*a*) $4Pb^{++} + 4H_2O \rightleftharpoons \{PbOH\}_4^{++++} + 4H^+$,

(*b*) $Pb^{++} + H_2O \rightleftharpoons PbOH^+ + H^+$.

Pour $c > 1.10^{-2}$, il y a prédominance en solution des ions *tétracondensés* correspondant à l'équilibre (*a*).

Pour $c < 5.10^{-3}$ prédominance des ions *monomères* correspondant à l'équilibre (*b*).

---

(4) La température ne doit pas excéder 70° pour éviter la formation partielle d'ions basiques.

Pour $10^{-2} > c > 5.10^{-3}$ il est à préjuger que les ions *tétra* et *mono* existent à des concentrations du même ordre de grandeur.

Ces résultats montrent en outre que l'état de condensation des ions basiques est indépendant de la force ionique de la solution et confirment les résultats que l'un de nous a obtenus, en collaboration avec R. Schaal (5), par une méthode différente d'investigation.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Discontinuité d'absorption* K *de rayons* X *du cuivre dans les alliages aluminium-cuivre aux différents stades de précipitation.* Note (*) de Mme ADRIENNE R. WEILL, présentée par M. Pierre Chevenard.

Le mécanisme de la précipitation dans les alliages Al-Cu à 4% Cu a été étudié par M. A. Guinier (1) qui a précisé les différents stades de ce phénomène :

1° Phase ω : durcissement à la température ordinaire survenant quelques jours après la trempe de l'échantillon [formation d'amas plans de cuivre parallèlement aux faces (100) du cube élémentaire].

2° Phase ω ordonnée : après recuit à 182° pendant environ 24 heures, les amas grossissent et s'organisent avec alternance, dans le précipité, de plans chargés de cuivre et de plans d'aluminium.

3° Phase θ' : après recuit à 240° pendant environ 18 heures, il apparaît une nouvelle phase, instable, de composition Al_2Cu et dont la structure cristalline, égèrement quadratique, est du genre CaF_2.

4° Phase θ (Al_2Cu) : après recuit à 380° pendant environ 17 heures, il se forme une nouvelle structure quadratique stable.

L'environnement de l'atome de cuivre est bien différent dans chaque cas : dans les amas plans, les atomes de cuivre n'ont de voisins cuivre que dans leur propre plan; dans la phase θ', les plus proches voisins des atomes de cuivre sont des aluminiums (distance Cu — Al : 2,49 Å); dans la phase θ, les atomes de cuivre se rapprochent jusqu'à 2,43 Å suivant l'axe [001], tandis que les aluminiums les plus proches sont à 2,52 Å des atomes de cuivre.

Le but de ce travail était de suivre la variation des franges au voisinage de la discontinuité d'absorption du cuivre au cours de ces modifications. Malgré la faible proportion de cuivre présent dans l'alliage (4% en poids, soit 1,74% en atomes), il a été possible d'observer très nettement les systèmes de franges des divers précipités au moyen du spectrographe à focalisation (méthode de Mlle Y. Cauchois). Le spectrographe était équipé avec une lame de quartz mince taillée perpendiculairement à l'axe optique et courbée sur un rayon

(5) J. FAUCHERRE, *Bull. Soc. Chim.*, 9, 10, 1947, p. 927.

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) *Journal de Physique*, VIII, 3, 1942, p. 124.

de 20cm. Les franges ont été observées en deuxième ordre sur la réflexion $10\bar{1}0$.

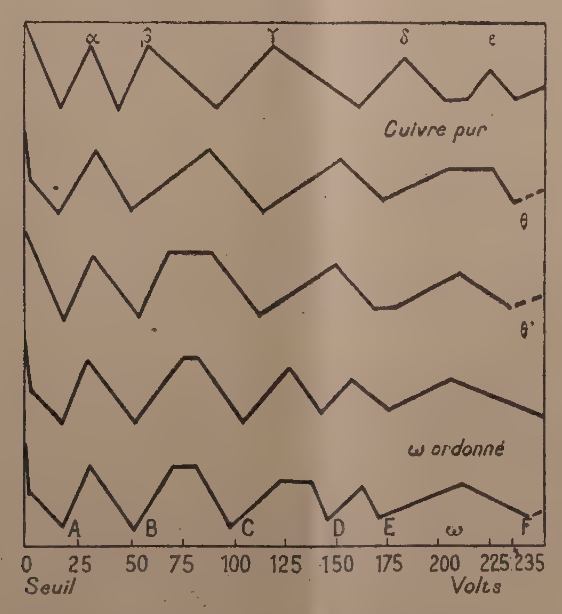
Chacune des phases ω, θ′ et θ présente un système de franges particulier, différent de celui du cuivre (voir tableau).

TABLEAU. — *Distance des franges au seuil d'absorption* (en électron-volts).

Frange.	ω.	ω ordonné.	θ′.	θ.	Cuivre.
A......	18	18	19	16	18
α......	30	30	32	34	33
B......	51	53	54	52	45
β......	72	76	69	–	59
β′......	83	84	90	89	–
C......	98	104	114	114	92
γ......	125	128	–	–	121
γ′......	136	–	–	–	–
D......	145	143	–	–	161
δ......	162	158	151	153	185
E......	171	174	165	174	202
E′......	–	–	179	–	215
ε......	210	207	210	207	226
ε′......	–	–	–	226	–

A, B, ..., maxima d'absorption (blancs du cliché); α, β, ..., minima d'absorption (noirs du cliché).

Le seuil de la discontinuité a été déterminé par la position du point d'inflexion de la chute d'absorption. Celle-ci semble s'opérer en deux temps comme celle



Représentation schématique des franges
au voisinage de la discontinuité d'absorption du cuivre. (Phases Al_2Cu.)

du cuivre, mais dans cette première série d'expériences la brisure n'est pas toujours très nette; toutefois, il n'a pas été noté de déplacement du seuil excédant la limite de précision des observations (± 2 électron-volts), sauf peut-être un léger décalage vers les petites énergies pour θ'. La largeur totale de la discontinuité d'absorption est du même ordre que celle du cuivre; elle semble s'agrandir légèrement pour la phase θ'.

Le premier minimum d'absorption A est peu marqué dans le cuivre, il est mieux indiqué dans les phases θ et θ', et nettement plus creusé dans les phases ω, sans qu'il s'agisse là à proprement parler d'une raie blanche. Mais ce qui est remarquable, c'est que, dans tous les cas la position de ce minimum A et celle du maximum suivant α ne varient pas, aux erreurs expérimentales près. *On note donc pour toutes les phases la même disposition de structure que pour le cuivre jusqu'à environ* 35-40 *électron-volts du seuil.*

Si l'on examine la position des maxima et minima successifs jusqu'à environ 220 électron-volts du seuil (Tableau), on voit que les structures fines de ω et ω ordonné ont encore quelque ressemblance avec celle du cuivre, tandis que *le système de franges de phase θ est presque en opposition avec celui du cuivre.* Les franges de θ' sont en quelque sorte intermédiaires entres celles de θ et celles de ω, plus proches dans l'ensemble de celles de θ. Il y a peu de différences entre ω et ω ordonné, l'ordre à petite distance étant en somme le même dans les deux cas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Absorption et fixation de la soude caustique des lessives par la cellulose régénérée de viscose.* Note (*) de MM. **André Bréguet**, **Robert Viatte** et **Henri Perra**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

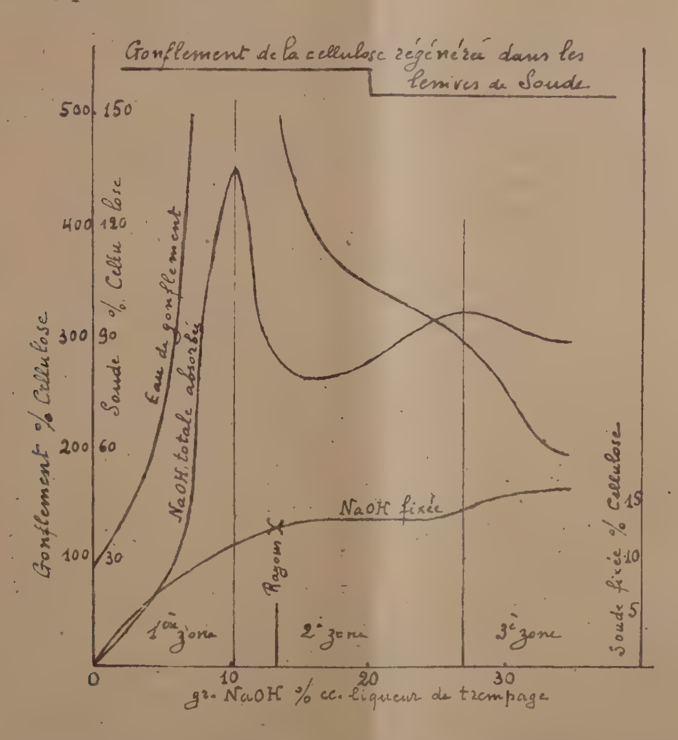
Dans une précédente Note nous avons exposé les phénomènes de gonflement de la cellulose native dans des lessives de soude de concentration croissante. Présentement, la méthode de centrifugation a servi à l'étude du gonflement des fibres de cellulose régénérée de viscose. La matière utilisée était un fil à haute ténacité, ayant subi un fort étirage en filature. La cellulose de ce fil provenait de la même pâte de linters que celle étudiée dans notre première Note.

La cellulose régénérée gonfle beaucoup plus et absorbe davantage de soude caustique que la cellulose native, dans une lessive de concentration déterminée. La courbe de gonflement par l'eau accuse un maximum très aigu pour une concentration de lessive de 10,25 % $NaOH$ en volumes, soit 9,3 % en poids. A ce point, le fil se désagrège complètement et une partie de la cellulose se disperse dans la lessive. La courbe de la soude absorbée présente deux maxima.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

Le premier correspond au maximum de gonflement; le second se situe à la concentration 27,15 % NaOH en volume de la lessive (environ 21,90 % en poids). Entre les deux, il existe un minimum pour une concentration de lessive de 16,10 % NaOH en volumes (13,97 % en poids). Il devient possible de distinguer trois zones de gonflement délimitées par les deux maxima de soude absorbée.

On constate que le phénomène est réversible dans la première zone, ainsi qu'entre la deuxième et la première zone; mais il devient irréversible à l'intérieur de la troisième zone et entre la troisième et la deuxième zone. Autrement dit, la fibre régénérée, d'abord traitée par une lessive de soude de concentration supérieure à 21,90 %, gonfle ensuite moins et absorbe moins de soude qu'elle ne le ferait normalement, lorsqu'on la replonge dans une lessive de concentration plus faible en NaOH.



Un tel comportement confirme la différence profonde entre la structure surmoléculaire des fibres cellulosiques régénérées de viscose et celle des fibres natives. Pour expliquer l'allure de ce phénomène de gonflement, on est obligé d'admettre avec Neale [1] que : 1° certains groupes hydroxyles de la molécule cellulosique se comportent comme un acide faible, en donnant avec une base forte telle que la soude un sel de sodium ionisable. C'est une réaction équilibrée.

[1] *J. Text. Inst.*, 20, 1929, p. 373; 21, 1930, p. 225.

2° Dans la lessive sodique, la cellulose fonctionne comme une membrane perméable à l'eau et à l'alcali. On a un équilibre de Donnan.

Enfin, il faut considérer que la soude absorbée par la fibre représente la somme : *a*. de celle qui forme le sel cellulose-sodium ionisé; *b*. de la quantité excédentaire déterminée par l'équation de Donnan.

La première zone des courbes correspond probablement à la partie amorphe, très accessible de la fibre où la pression osmotique à l'intérieur de la fibre croît très vite et entraîne un fort gonflement qui, vers la concentration de 10 % NaOH, devient suffisant pour rompre les liaisons secondaires entre chaînes moléculaires, et déformer les régions cristallines. Dans la 2ᵉ et la 3ᵉ zone il y a une augmentation de la pression osmotique de la solution extérieure plus rapide que dans le gel de cellulose : d'où résulte un dégonflement.

Nous avons calculé, pour chaque concentration de la lessive de trempage, la quantité de NaOH fixée par la méthode de Vieweg. Elle présente un palier net entre les concentrations 12,3 et 20,4 % NaOH. Ce palier correspond sensiblement au composé de formule $(C_6H_{10}O_5)_2.NaOH$. Il s'amorce de suite après le maximum de gonflement. La cellulose régénérée est donc apte à fournir une combinaison sodique dans des lessives de concentration moindre (12,3 %) que celle exigée par la cellulose native (14,4 %).

Il est intéressant de constater que les paliers des courbes Vieweg se terminent à la même concentration de lessive (20,4 % NaOH) tant dans le cas de la cellulose native que dans celui de la cellulose régénérée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la véritable formule de l'axérophtène.* Note (*) de M. **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

On a longtemps désigné du nom impropre de *cyclisation*, la transformation que subit la vitamine A (axérophtol) sous l'influence des acides.

C'est en 1943 (juin) qu'a été établie la structure de cette vitamine A dite « cyclisée » [1], en réalité *déshydratée*. Nous avons proposé le nom d'*axérophtène* pour désigner ce nouveau carbure d'hydrogène $C_{20}H_{28}$, très voisin de l'axérophtol $C_{20}H_{30}O$. La même année, les Américains Shantz, Cawley et Embree [2] ont réussi à faire cristalliser ce même produit qu'ils ont très justement appelé *anhydro-vitamine* A, sans toutefois faire un choix entre trois formules de constitution, donnant leur préférence à une formule à cumulène terminal, donc différente de la nôtre.

Récemment, Karrer et Schwyzer [3] ont adopté pour représenter l'anhydro-

(*) Séance du 5 juillet 1948.

(1) P. Meunier, R. Dulou et Mˡˡᵉ A. Vinet, *Comptes rendus*, **211**, 1943, p. 907; voir aussi *Bull. Soc. Chim. biol.*, **25**, 1943, p. 371-378.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, **63**, 1943, p. 901.

(3) *Helv. Chim. Acta*, **31**, 1948, p. 1055-1062.

vitamine A la formule de structure que nous avions établie en 1943. Malheureusement, ces derniers emploient notre expression d'axérophtène, non pas pour l'anhydro-vitamine A elle-même, comme nous l'avions fait, mais pour son produit d'hydrogénation à 5 doubles liaisons conjuguées seulement, le dihydro-axérophtène. Selon nous, cela entraîne une confusion qu'il importe de ne pas laisser s'établir, d'autant que l'anhydro-vitamine A a été reconnue active au point de vue biologique [cf. (²) et (⁴)], au même titre que son produit d'hydrogénation, comme l'annonce Karrer (³).

CH_3 CH_3 CH_3 CH_3

$C{=}CH\,CH{=}C\,CH{=}CH\,CH{=}C\,CH{=}CH_2$

CH_3

Axérophtène des auteurs français (1943), appelé anhydro-vitamine A par les auteurs américains en 1943 et par Karrer en 1948.

CH_3 CH_3 CH_3 CH_3

$C{-}CH{=}CH\,C{=}CH\,CH{=}CH{-}C{=}CH\,CH_3$

CH_3

Axérophtène de Karrer (1948).

Il nous faut faire remarquer aussi que nous avons, dès 1943, préparé l'anhydro-vitamine A à partir de la vitamine A sans employer le traitement acide, comme il était courant de le faire avant nous. Notre procédé par bromuration, puis substitution de l'iode au brome, puis enlèvement de l'iode paraît plus simple que le passage par l'ester paratoluol sulphoné selon Karrer (³).

Quant au caroténoïde qui se forme en même temps que l'anhydro-vitamine dans le procédé utilisé par Karrer, et qui est considéré par ce dernier comme *probablement identique au β-carotène*, il nous paraît plutôt identique au corps obtenu par Ender (⁵) en 1932 à l'état cristallisé, après traitement de la vitamine A par le trichlorure d'antimoine. Nous avons eu l'occasion nous-même de reprendre l'étude du composé d'Ender : nous avons établi en 1944 (⁶) qu'il ne pouvait s'agir que de l'éther-biaxérophtilique, résultant de l'élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'axérophtol.

(⁴) P. MEUNIER, Mme GUÉRILLOT-VINET, J. JOUANNETEAU et MICHEL GOUREVITCH, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 128-130.

(⁵) *Biochemical Journal*, 26, 1932, p. 1118.

(⁶) P. MEUNIER et Mlle A. VINET, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 141.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quinols méso α-furylés de l'anthracène. Attaque du noyau furannique chez le dérivé mésophénylé α-furylé.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Raymond Brisson**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une Note précédente [1] nous avons déjà indiqué, pour deux quinols méso α-furylés dihydroanthracéniques, que les alcools méthylique et éthylique en présence de la solution chlorhydrique concentrée du commerce ne donnaient pas les éthers-oxydes correspondants, mais des produits jaunes à structure purement anthracénique. Cette anomalie avait été constatée en particulier sur le monoéther méthylique (II) du diquinol mésophénylé α-furylé (I). Nous avons voulu généraliser la réaction au diquinol (I) lui-même, que nous avons préparé à cette occasion, et à quelques autres de ses éthers-oxydes, puis déterminer la structure des produits obtenus.

Ce diquinol, le phényl-9 furyl-10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène, $C_{24}H_{18}O_3$, cristaux incolores, F_{inst} 204°, s'obtient facilement par action du bromure d'α-furylmagnésium sur la phényl-9 hydroxy-9 anthrone-10. Les éthers-oxydes méthylique et éthylique ont été préparés à partir du diquinol (I) par action de l'iodure de méthyle ou d'éthyle, en présence de potasse pulvérisée; on obtient un seul stéréo-isomère, F_{inst} 249°, pour le diéther-oxyde méthylique, $C_{26}H_{22}O_3$ (III), mais les deux diéthers-oxydes éthyliques stéréo-isomères $C_{28}H_{26}O_3$ (IV), F_{inst} 186° et 246°.

L'action de l'acide chlorhydrique aqueux a été essayée à froid sur le diquinol (I) et ses éthers-oxydes (II, III, IV) dissous dans l'éther ordinaire (débarrassé d'éthanol), mélangé respectivement avec les alcools méthylique, éthylique et benzylique; l'éther ordinaire ne prend pas part à la réaction : il n'intervient que comme diluant.

D'après les essais, qui sont détaillés ci-dessous, on arrive à la conclusion qu'il y a départ des oxhydryles en méso, pour le diquinol, ou des alcoxyles, pour les éthers-oxydes, avec apparition de la structure anthracénique et ouverture simultanée du cycle furannique. Quel que soit le produit de départ, on aboutit aux éthers-sels d'un acide β-γ énolique : le (phéno-9' anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oïque (V). Ces éthers-sels, colorés en jaune, correspondent à l'alcool (méthylique, éthylique ou benzylique) au sein duquel s'est faite la réaction. Ester méthylique, $C_{25}H_{20}O_3$ (VI), F_{inst} 169°; ester éthylique, $C_{26}H_{22}O_3$ (VII), F_{inst} 136°; ester benzylique, $C_{31}H_{24}O_3$ (VIII), F_{inst} 145°.

Les structures proposées s'accordent avec les faits suivants :

(*) Séance du 12 juillet 1948.

[1] A. Étienne et R. Brisson, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1775.

Il n'y a pas eu de migration sur les benzos extérieurs de l'anthracène et seul le reste furylique en méso a été affecté par la réaction; en effet, l'oxydation chromique des produits obtenus donne, avec de bons rendements, la phényl-9 hydroxy-9 anthrone-10.

Les résultats de l'analyse centésimale et fonctionnelle (H mobile et alcoxyle) et l'allure anthracénique du spectre d'absorption sont bien conformes aux structures proposées.

La présence d'une fonction éther-sel est démontrée par la saponification des trois dérivés en un seul et même acide; le (phéno-9′ anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oïque, $C_{24}H_{18}O_3$ (V), $F_{inst} = 217°$, titrable à la phtaléine. Le retour aux trois éthers-sels initiaux, méthylique, éthylique et benzylique (VI), (VII), VIII) se fait également par estérification à la manière habituelle. De plus, chacun des trois esters, traité par un alcool en présence de HCl, subit l'alcoolyse en l'ester correspondant à l'alcool utilisé.

La présence d'une fonction oxhydryle décelable par les magnésiens (un H mobile pour les esters et deux pour l'acide) oblige à admettre l'existence d'une forme énolique; celle-ci semble stable et ne paraît également pas réagir sous la forme cétonique tautomère avec les réactifs habituels des cétones (semi-carbazide, dinitrophénylhydrazine).

C_6H_5 OR_2 — 9 — 10 — OR_1 — O

(I) $R_1 = R_2 = H$
(II) $R_1 = H$; $R_2 = CH_3$
(III) $R_1 = R_2 = CH_3$
(IV) $R_1 = R_2 = C_2H_5$

C_6H_5— ; OH, OR ; —C, C=O ; CH—CH_2

(V) R = H
(VI) R = CH_3
(VII) R = C_2H_5
(VIII) R = $CH_2C_6H_5$

OH, C_6H_5 : —C=CH—CH_2—C—OH, C_6H_5 (IX).

—OH ⇌ H_2 =O (X a). (X b).

L'action des magnésiens s'accorde également avec l'existence d'une fonction éther-sel d'acide β-γ-énolique; ainsi le bromure de phénylmagnésium donne avec les trois éthers-sels considérés un seul et même corps : le (phéno-9′ anthranyl)-4 diphényl-1.1-butène-3 diol-1.4, $C_{36}H_{28}O_2$ (IX), cristaux jaunes, F_{inst} 229°.

Une autre vérification de la structure (V) proposée pour l'acide est la

transformation de ce corps par le bisulfate de potassium, en (phéno-9' anthranyl)-2 hydroxy-5 furanne, $C_{24}H_{16}O_2$ (X), cristaux jaunes, F_{inst} 248° : il y a cyclisation par élimination d'eau avec formation de la lactone (X *b*), tautomère du dérivé hydroxyfurannique (X *a*). Il est à noter que ce dernier corps a été obtenu également par l'action de HCl aqueux, sans alcool, sur le quinol (I), dans une étude en cours.

L'acide (V) peut être comparé à un acide lévulique δ-substitué, mais dans lequel le carbone terminal serait inclus en méso dans un enchaînement anthracénique. Cette particularité pourrait être la cause de la stabilité inattendue de la forme énolique en β-γ par rapport à la forme γ-cétonique tautomère.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline du piazthiol.* Note (*) de M. **Victorio Luzzati**, présentée par M. Charles Mauguin.

Après avoir déterminé la structure cristalline du piasélénol ([1]), nous avons entrepris l'étude du piazthiol, dont la formule chimique est représentée sur la figure ci-contre.

Le piazthiol, comme le piasélénol, nous a été remis par M. Louis Peyron, de l'Institut Pasteur de Paris.

Les cristaux de piazthiol sont isomorphes de ceux de piasélénol, avec les paramètres suivants

$$a = 12{,}60\ \text{Å},\qquad b = 12{,}15\ \text{Å},\qquad c = 3{,}85\ \text{Å}.$$

(Système orthorhombique, groupe de symétrie P_{ma}-C_{2v}^{2}-4 molécules dans la maille élémentaire.)

La projection de la densité électronique $\rho(x, y)$ a été calculée par synthèse de Fourier, et les coordonnées z des atomes par la méthode d'essai et erreur. La molécule est plane, à quelques degrés près; elle possède un plan de symétrie perpendiculaire au plan xOy, et l'angle entre le plan de la molécule et le plan xOy est très voisin de 23°. La précision des calculs est ici supérieure à celle obtenue dans le cas du piasélénol, et l'on a pu observer une déformation très sensible de l'anneau benzénique. Les distances interatomiques sont portées sur la figure ci-contre. En raison de l'incertitude dans les coordonnées z, la valeur absolue des distances interatomiques peut comporter une erreur atteignant quelques centièmes d'angström, mais les rapports des distances entre elles sont corrects.

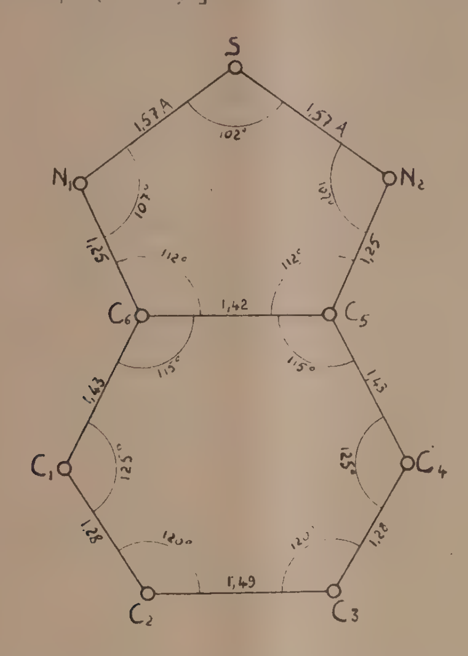
La figure qui accompagne la Note sur la structure cristalline du piasélénol ([1]) peut servir pour le piazthiol, dont la maille élémentaire est presque

---

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 738.

identique. [Dans cette figure on a tracé par erreur les plans $x = 1/4$ et $x = 3/4$ comme des plans miroirs avec glissement $1/2\ b$: il s'agit en réalité de plans miroirs avec glissement $1/2\ (b + c)$.]



Dans le tableau suivant sont portées les coordonnées des atomes.

	S.	N_1.	N_2.	C_1.	C_2.	C_3.	C_4.	C_5.	C_6.
$\frac{x}{a}$ ...	0,446	0,388	0,356	0,214	0,125	0,107	0,178	0,280	0,297
$\frac{y}{b}$	0,361	0,476	0,274	0,520	0,483	0,360	0,294	0,332	0,449

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de l'Oxfordien dans la zone des collines sous-vosgiennes de la Basse-Alsace.* Note de M. **Jules Schirardin**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai signalé (¹) l'existence d'une série complète d'assises du Callovien dans la Basse-Alsace. Dans cette même région, notamment dans le Champ de fracture de Barr, j'ai constaté la présence d'autres affleurements d'âge oxfordien indiscutable. Il s'agit d'un certain nombre de gisements isolés, masqués par des alluvions et des déblais de pente, dont il n'est toujours pas facile d'établir les relations stratigraphiques.

Ils se rangent sans difficulté dans l'Oxfordien inférieur et moyen. Les uns comprennent les zones à *Quenstedticeras prælamberti* Douv. et à *Quenstedticeras*

(¹) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 415.

lamberti Sow. D'autres, à la partie supérieure de la série reconnue, se rapportent aux zones à *Quenstedticeras mariæ* d'Orb. et à *Cardioceras præcordatum* Douv. Par contre les zones de l'Oxfordien supérieur à *Cardioceras suessi* Siem. et à *Cardioceras cordatum* Sow. n'ont pu être observées jusqu'à maintenant.

La limite inférieure est nette : après le fort développement des faciès marno-calcaires du Callovien, la base de l'Oxfordien marque en effet un retour à la sédimentation argileuse dominante.

Oxfordien inférieur. — Purement argileuses à la base, les assises se chargent de plus en plus de calcaire et deviennent au sommet des marnes pétries de nodules marno-calcaires. Deux faciès alternent dans les parties inférieures, celui des argiles et marnes à Foraminifères et un autre avec des marnes à fossiles pyriteux (faciès des marnes à *Renggeri* du Jura). Le deuxième faciès apparaît encore plus haut alternant avec les formations marno-calcaires du sommet. Le détail des couches est, de bas en haut, le suivant :

I. *Zone à Quenstedticeras prælamberti Douv.* :

1° Argile à *Nucula;* argile gris foncé avec *Nucula inconstans* Rœder, *cæcilia* d'Orb., *Dacryomya acuta* Merian et des Foraminifères.

2° Alternance d'argiles marneuses gris foncé à Foraminifères et de marnes grumeleuses grises à Ammonites pyriteuses. Les marnes renferment *Quenstedticeras prælamberti* R. Douv., *brasili* R. Douv., *henrici var. cailleti* V. Maire, *Creniceras renggeri* Opp., *Peltoceras aff. athletoides* Lah., *Hecticoceras bonarellii* de Lor., *suevum* Bonar., *Perisphinctes bernensis* de Lor., *Hastites hastatus* Blainv. et *Aulacothyris bernardiana* d'Orb.

II. *Zone à Quenstedticeras lamberti Sow.* :

3° Argiles marneuses à Foraminifères et *Balanocrinus pentagonalis* Goldf.

4° Marnes argileuses grises avec de rares nodules calcaires, fossiles en calcaire : *Hastites hastatus* Blainv., *Belemnopsis latesulcatus* d'Orb., *sauvanausus* d'Orb., *Aptychus sp.*, *Pecten subfibrosus* d'Orb., *vitreus* Rœm., *Aulacothyris impressa* Bronn. Ce niveau alterne avec des marnes à Ammonites pyriteuses qui renferment *Quenstedticeras lamberti* Sow., *Creniceras renggeri* Opp., *Hecticoceras bonarellii* de Lor., *chatillonense* de Lor., *Perisphinctes bernensis* de Lor., *girardoti* de Lor., *Taramelliceras richei* de Lor., *Arca concinna* Phill.

5° Marnes grises riches en nodules marno-calcaires, fossiles en calcaire, intercalation de niveaux à fossiles pyriteux. *Quenstedticecas lamberti* Sow., *lamberti var. macer* Quenst., *pseudolamberti* Sintzow, *aff. intermissum* S. Buckman, *Peltoceras eugenii* Rasp., *Hastites hastatus* Blainv., *Belemnopsis latesulcatus* d'Orb., *Rhynchonella sp.*, *Liogryphæa dilatata* Sow. et *Ostrea sandalinoides* de Lor.

Oxfordien moyen. — Les assises de l'Oxfordien moyen, fortement masquées, sont moins faciles à observer, mais leur existence est affirmée par la découverte d'une faune suffisamment caractéristique.

La base, marneuse, a fourni *Millericrinus horridus* d'Orb. Plus haut se placent des marnes sableuses avec intercalation de quelques bancs de calcaire gréseux avec *Millericrinus echinatus* Schloth., *horridus* d'Orb., *Liogryphæa*

dilatata Sow. Le niveau le plus caractéristique est au sommet : ce sont des marnes grises avec nodules calcaires gris blanchâtre et *rognons de gaize* complètement décalcifiés. Cette gaize est une roche jaune brunâtre, poreuse, souvent hématisée et contenant des veines de calcédoine. Les rognons ont fourni surtout *Trigonia perlata* Ag. Plus rarement on y trouve *Trigonia monilifera* Ag., *Nucula inconstans* Roed., *Leda rœderi* de Lor., *Isocyprina cyreniformis* Buv., *Trigonia densicostata* Roed., *Rhynchronella silicicola* Rollier, *Exogyra bruntrutana* Thurm. Cette faune de ce niveau a la plus grande analogie avec celle du Terrain à Chailles du Jura, mais celui-ci ne s'est pas montré. S'il existait quelque part, ce serait juste au-dessus du niveau à *Trigonia perlata*.

Résumé et conclusions. — Dans la zone sous-vosgienne de Basse-Alsace, on connaît maintenant une série stratigraphique continue depuis le Callovien inférieur jusqu'à l'Oxfordien moyen inclus. En ce qui concerne l'Oxfordien, sa partie inférieure se rattache assez étroitement, comme faciès, aux marnes à *C. renggeri* du Jura franco-suisse. Sa partie plus élevée (Oxfordien moyen), avec son faciès à rognons de gaize se rapproche plutôt de l'Oxfordien marno-calcaro-gaizeux du Nord de la France.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le cratère d'explosion de Tenoumer et l'existence probable d'une grande fracture rectiligne au Sahara occidental.* Note (*) de M. **Jacques Richard-Molard**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Au Sahara occidental, par 22° 55′ 30″ latitude Nord et 10° 25′ longitude Ouest de Greenwich, émerge, comme un îlot au-dessus de la pénéplaine cristalline du Karet, un relief vif, d'une centaine de mètres d'altitude relative, connu sous le nom de *guelb* Tenoumer.

C'est un cratère, très frais, ceinturé d'une arête très vive, parfaitement circulaire; le diamètre intérieur mesure 1800^{m} environ. Le fond est une cuvette fermée, plate, colmatée de sables, cailloutis et anciens dépôts lacustres, doucement relevée vers les bords. L'arête circulaire est très déclive (plus de 45°) et d'un seul jet sur tout le versant intérieur. Le versant extérieur présente deux aspects très différents de part et d'autre d'une faille qui coupe le cratère du Nord-Est au Sud-Ouest. Sur le quadrant Est, l'arête principale est tapissée d'une croûte hamadienne de quelques mètres d'épaisseur, redressée au sommet jusqu'à 30°, mais non décrochée par rapport à la plaine extérieure à laquelle elle se raccorde par une déclivité régulière. Par contre, sur le secteur Ouest, du Nord jusqu'au Sud, l'arête principale domine un sillon externe périphérique, concentrique au cratère, large de plusieurs centaines de mètres, fermé vers l'extérieur par un bourrelet de reliefs périphériques

(*) Séance du 28 juin 1948.

de 20 à 30^{m} d'altitude relative, présentant une pente douce vers le sillon, un versant raide au-dessus du niveau de base extérieur.

Les roches constituant le *guelb* sont : *a.* du matériel cristallin appartenant à la pénéplaine (dorsale anticlinale Tiris-Karet-Eglab), notamment des granites porphyroïdes orientés; *b.* le calcogréseux hamadien, à silex, représentant seulement la croûte supérieure récente (Éogène?) de la hamada; *c.* des laves, basaltes et ponces, rares et sporadiques, tous à l'extérieur du cratère, notamment dans le sillon; *d.* le Quaternaire (sables, regs de dissociation, croûtes calcareuses lacustres).

L'arête principale est entièrement cristalline. Aucune coulée de matériel volcanique n'a été observée. Les rares roches volcaniques reconnues sont semées sur le socle. Sur l'arête Sud la coupe montre le cristallin recouvert de hamada et celle-ci surchargée d'un chaos de roches cristallines diverses. La même coupe se retrouve dans le ravin qui tranche en cluse le bourrelet périphérique Nord-Ouest. Si l'on retient la dissymétrie qui apparaît entre le quadrant Est et tout le secteur Ouest, on peut admettre que : 1° le cratère de Tenoumer n'est pas un volcan, mais une *chaudière* d'explosion; 2° l'explosion s'est produite à la faveur d'une fracture orientée Nord-Est-Sud-Ouest préexistante; 3° elle a été dissymétrique, sensiblement dirigée Est-Ouest puisque :

a. le quadrant Est est moins dérangé, ce qui lui a permis de conserver sa couverture hamadienne. Il est complètement dépourvu de matériaux volcaniques éjectés; *b.* le secteur Ouest, au contraire, est encombré de matériaux éjectés; le sillon ne peut s'expliquer que par un affaissement consécutif à des cassures et au soulèvement dû à l'explosion.

L'âge du cratère est difficile à préciser. Cependant il ne peut être antérieur aux formations de hamada qui sont relevées. L'existence sur la hamada perchée de l'Est d'une croûte calcareuse analogue à celles qui tapissent souvent les *dayas* peut donner à penser que l'accident est pléistocène, à tout le moins de la fin du Tertiaire.

Mais l'intérêt du Tenoumer n'est pas seulement celui d'un accident local. En prolongeant vers le Nord-Est sa faille, on rencontre à 195^{km} de distance par 24°15′05″ de latitude Nord et 9°39′17″ de longitude Ouest un cratère semblable, le *guelb* de Temimichat-Ghallamam.

En prolongeant la même ligne pendant 220^{km} vers le Sud-Ouest, on rencontre la boutonnière du Richat que nous avons récemment décrite [1].

Ces trois accidents se trouvent presque exactement alignés sur l'axe de la grande vallée magnétique dont A. Lasserre et J. Dubief disaient en 1938 : « On devra rechercher s'il existe une relation entre ces vastes anomalies et... de grandes failles ».

Il semble donc que nous touchons ici une pareille faille, jalonnée par les trois accidents cités.

---

[1] *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 142.

PÉDOLOGIE. — *Sur quelques conditions de formation des croûtes calcaires.* Note (*) de M. GILBERT GAUCHER, transmise par M. René Maire.

I. Dans leur Note sur la formation de la croûte superficielle ([1]), MM. Flandrin, Gautier et Laffitte citent des exemples qui impliquent l'*intervention d'une activité hydrologique*. La zone de piedmont de l'Atlas Saharien et le plateau du Sersou, sont des régions aquifères (nappes ou résurgences), et elles le furent certainement davantage à une époque plus humide, comme celle qui vit se former la croûte. Quant au troisième exemple, il fait précisément mention de puits et de nappes. Par ailleurs, ces exemples n'établissent pas que la croûte se soit formée par évaporation : le fait qu'aucun autre processus n'a paru plausible n'est pas une démonstration.

Si les croûtes résultent d'une activité hydrologique, on ne peut s'étonner de leur extension en Afrique du Nord où les roches calcaires abondent et où pratiquement la totalité des eaux sont, encore actuellement, calcaires. Le rôle de roches réservoirs, joué vis-à-vis de l'eau par les massifs calcaires, y est un fait incontestable et d'ailleurs bien connu. Aussi ne doit-on pas être surpris des relations des croûtes avec les affleurements de roches calcaires, ni de leur importance au contact des massifs calcaires, ce terme étant pris dans son sens pétrographique, c'est-à-dire englobant non pas seulement les calcaires massifs, comme semblent le croire MM. Flandrin, Gautier et Laffitte, mais les « roches calcaires » diverses, y compris les roches détritiques calcaires : grès, conglomérats, etc. Les encroûtements calcaires ne représentent pas seulement des dépôts d'émergence, mais aussi des dépôts d'accumulation d'eau d'étendue diverse (marécages, lacs, etc.) : « calcaires lacustres, boues lacustres, dépôts de nappes phréatiques », etc. ([2]); ils ont pu se former assez loin de la roche réservoir originelle, aussi cette relation génétique peut échapper à première vue et poser un problème d'hydrologie. Les aspects variés de la pétrographie des croûtes sont en rapport avec les divers processus de précipitation du CO_3Ca : le polymorphisme des dépôts calcaires de surface, spécialement des travertins, est d'ailleurs un fait bien connu des pétrographes.

Dans une région envahie par la croûte, celle-ci devient d'autant plus épaisse et plus riche en CO_3Ca que l'on s'approche des *zones d'anciennes émergences localisées aux pieds des affleurements de roches calcaires*. Cette relation constante n'est pas une coïncidence mais exprime un rapport génétique. Notamment dans les régions de Relizane et de Perrégaux auxquelles j'ai fait allusion antérieurement ([2]), la croûte prend par exemple un développement remarquable

(*) Séance du 14 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, *p.* 416.

([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 133.

au pied d'un affleurement calcaire, d'où sort encore une source ([3]), et sur le pourtour du Massif gréso-calcaire de Bel Hacel ([4]). Au Maroc, une zone de croûtes remarquablement typiques et épaisses longe le pied du puissant massif calcaire du Moyen-Atlas, au sud de la ligne Fès-Meknès, région où, à une époque antérieure, une activité hydrologique analogue avait déposé le calcaire lacustre du Saïs.

II. Comme je l'ai mentionné précédemment ([2]), l'activité hydrologique qui provoqua la formation généralisée de la croûte fut antérieure au Pluvial Wurmien. La localisation de cette formation au Sud d'une certaine latitude implique que des conditions climatiques particulières étaient nécessaires pour provoquer *dans de grandes proportions* la dissolution du calcaire dans certaines zones et son dépôt en d'autres; les eaux furent sans doute plus riches en carbonates, leur débit fut plus important, le niveau des nappes plus élevé, les accumulations d'eau stagnante plus nombreuses et plus durables. Ce *climat de la croûte* ([5]) ne fut pas général à toute l'Afrique du Nord : en Algérie il épargna le Tell Algérois et Constantinois, le Massif de Miliana jalonne sa limite. Une réplique très atténuée de ces conditions, qui s'étaient sans doute déjà produites au Pliocène, s'est peut-être renouvelée au Flandrien. Actuellement les conditions hydrologiques sont loin de reproduire naturellement de pareils dépôts, surtout dans les régions steppiques et désertiques, mais partout où l'homme fait circuler de l'eau d'une façon continue (conduites, bassins, lavabos), il constate qu'elle *entartre* et *encroûte*, et cela sans qu'il y ait évaporation mais simple phénomène d'interface.

III. Par sa nature de roche superficielle et par les conséquences agricoles de sa présence, la croûte se trouve aux confins de la géologie et de la pédologie. Les pédologues, très attentifs aux mouvements *per ascensum* et *per descensum*, mais volontiers oublieux de la notion *d'amont* et *d'aval*, ont négligé l'étude des conditions de gisement des croûtes, ce que j'ai appelé leur étude *géologique*. Les géologues, parfois strictement stratigraphes et peu avertis des phénomènes physicochimiques spécifiques aux sols, n'ont souvent pas considéré l'aspect hydrologique des croûtes ni certains de leurs caractères pétrographiques, d'autant que, jusque-là, en Afrique du Nord, leurs observations n'avaient porté que rarement sur les terrains quaternaires.

Un accord ne pourra survenir sur les conclusions que s'il est précédé d'une entente sur les méthodes d'observation de la croûte. Sans doute l'accumulation d'exemples, les descriptions de cas particuliers ont leur intérêt, intérêt

---

([3]) *Carte Topographique de l'Algérie*. Feuille au 50 000e, Zemmora, Source de Si Harrats ($x = 320,350$ et $y = 268,750$).

([4]) *Ibid.*, Feuille de Debrousseville, source de Sidi Cherf ed Djiniei ($x = 272,650$ et $y = 272,150$) et source de l'Haciane Mengoub ($x = 269,500$ et $y = 274,750$).

([5]) Bryssine et Choubert, *Comptes rendus,* **223**, 1946, p. 863.

d'argument statistique qui empêche dans une certaine mesure de prendre l'exception pour la règle. Mais il semble plus rationnel de choisir des régions où la croûte se présente d'une façon typique, sous des aspects variés, et de l'étudier comme un affleurement géologique sans omettre ses caractéres pétrographiques ni ses conditions de gisement.

PÉDOLOGIE. — *Sol tourbeux d'*Eriospora *dans les Monts-Loma, en Afrique occidentale,* Note (*) de M. **Georges Dubois**, Mme **Camille Dubois** et M. **Paul Jaeger**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans les massifs montagneux ouest-africains, entre autres les Monts-Loma ([1]), les affleurements rocheux et en particulier les parois des pitons granitiques en pain de sucre, si fréquents dans la région de la source du Niger, sont colonisés par une Cypéracée cespiteuse, *Eriospora pilosa* Benth. (= *Catagyna pilosa* Hutch.). Cette plante forme de gros touradons isolés les uns des autres, hauts de 20 à 50^{cm} ou davantage, et constitués par les rhizomes dressés côte à côte, perpendiculairement à la roche et entourés des gaines foliaires calcinées par les feux de brousse. Le tout est coiffé d'une touffe de feuilles flasques, d'un gris cendré. Au cours de leur croissance très lente, ces plantes édifient un sol tourbeux noirâtre dont M. A. Chevalier a signalé, dès 1909, l'importance dans le reboisement de ces régions ([2]).

Le sol tourbeux d'*Eriospora* qui fait l'objet de la présente étude fut prélevé par l'un de nous (P. J.) dans les dépendances du Sérelen Konko (montagne de 1652^{m} d'altitude, sise dans la région centrale des Monts-Loma), à la base d'une touffe végétant sur une paroi rocheuse granitique exposée au Sud, vers l'altitude 1300^{m} ([3]).

Le sol examiné comporte la matière tourbeuse et les racines d'*Eriospora*.

La matière tourbeuse est franchement noire, aisément pulvérulente à l'état sec, rapidement peptisable à la cuisson potassique. Elle est riche en particules

---

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) Les Monts-Loma sont un vieux massif granitique usé par l'érosion, orienté SSW–NNE, d'environ 30^{km} de long sur 10^{km} de large, situé dans la région Nord orientale du Sierra-Leone, et compris entre les branches du cours supérieur de la Bagbé. Ils surgissent brusquement au-dessus de basses collines (350 à 500^{m}) pour former un haut plateau aux contours mous sur lequel se dressent des pics en pyramide ou pain de sucre. Tel est le cas du pic Bintumane (1947^{m}), véritable bastion septentrional, pyramide à sommet plat, protégé dans sa région supérieure par une coulée doléritique. Tel est également le cas du Sérelen Konko mentionné ici.

([2]) A. Chevalier, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 134 et **220**, 1945, p. 633.

([3]) P. Jaeger et J. G. Adam, *Aperçu sommaire sur la végétation de la région occidentale de la dorsale Loma-Man. La galerie forestière de la Source du Niger* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, **94**, 1947, p. 323-337).

minérales de quelques microns seulement de diamètre, atteignant rarement 10 μ, très rarement davantage, fines, anguleuses, d'apport éolien.

Les restes organiques sont abondants (à l'exception toutefois des organismes siliceux qui font défaut). Sans pouvoir apporter pour la plupart d'entre eux de détermination, nous avons remarqué des corps polliniques de 20 à 30 μ, des spores de Fougères de 35 μ, des capsules pédonculées ou non de 80 à 120 μ, des corps allongés sétiformes de 400 μ, des Thécamœbiens, notamment une capsule de type *Arcella* de 144 μ de diamètre et une autre longue de 50 μ qui nous paraît identique à *Assulina muscorum* Greeff (Rhizopode fréquemment sphagnicole des régions tempérées froides européennes).

L'échantillon examiné se présente en résumé comme un *humus* très analogue aux *humus montagnards* d'Europe, établis en milieu très humide, au moins par nébulosité.

PALÉONTOLOGIE. — *Examen des nacres actuelles et fossiles en lumière de Wood.* Note (*) de MM. **Paul-Henri Fischer** et **Jean Saddy**, présentée par M. Charles Jacob.

Plusieurs auteurs ont souligné l'aide précieuse que pourraient apporter à la Paléontologie les techniques d'examen en lumière de Wood ([1]). Quelques observations de détail ont été publiées sur la fluorescence des fossiles; cependant, à notre connaissance, aucune étude suivie n'a été effectuée dans ce domaine. Elle devrait du reste se compléter de recherches correspondantes chez les animaux actuels.

Pour notre part, nous avons entrepris une étude systématique de la fluorescence du test chez les Mollusques vivants et fossiles. Les faits constatés intéressent la distinction des diverses parties du test (couche interne ou nacre, couche prismatique, impressions musculaires, périostracon) et la différenciation de certains pigments coquilliers. Voici de premiers résultats concernant la fluorescence des nacres.

En lumière de Wood, les nacres sont nettement fluorescentes, fait déjà constaté dans des études à caractère d'application pratique plus que de recherche biologique.

Nous avons examiné de nombreuses nacres actuelles de Gastéropodes (*Trochus*, *Monodonta*, *Cantharidus*, *Haliotis*, *Padollus*, *Gena*), de Lamellibranches (*Nucula*, *Trigonia*, *Meleagrina*, *Mutela*, *Unio*) et de Céphalopodes (*Nautilus*, *Spirula*). Les nacres fraîches manifestent une fluorescence allant du blanc bleuté (*Trochus niloticus*, *Meleagrina margaritifera*) au mauve vif (*Unio reflexus*) et au violacé (*Cantharidus badius*, *Mutela exotica*). Exceptionnellement, nous avons observé des tons de fluorescence grisâtre ou

---

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) *Voir* notamment : G. G. Simpson, *Science*, 63, 1926, p. 548; H. Miethe et A. Born, *Paläontol. Zeitschr.*, 9, 1928, p. 343; A. Boni, *Rivista ital. di Paleontol.*, 46, 1940, p. 61.

jaune verdâtre, notamment chez certaines *Haliotis*. Pour des nacres actuelles, visiblement usées ou altérées par des intrusions de pigments ou d'impuretés, nous avons noté des fluorescences (lie-de-vin, brun), probablement non imputables à la nacre elle-même. En somme, nous pouvons dire que les nacres fraîches ont, le plus souvent, une fluorescence blanc bleuâtre, mauve ou violacée (²), et ceci quelle que soit la couleur dominante, à la lumière du jour, de la nacre étudiée. Pour la nacre de *Trochus niloticus*, par exemple, la spectrographie fait apparaître une bande de fluorescence allant du violet au bleu vert.

Pour les fossiles, on sait que dans bien des cas la structure primitive du test a été altérée ou détruite et souvent remplacée par des cristallisations secondaires de calcite. Cependant, on peut trouver, soit dans les sédiments tertiaires, soit exceptionnellement à des époques plus anciennes, des fossiles qui ont conservé la structure feuilletée et l'irisation de la nacre.

Nous n'avons pas retrouvé la fluorescence de la nacre chez les fossiles marmorisés, dont le test ne possède plus sa première structure (exemple : *Nautilus intermedius* du Lias). Chez des fossiles dont la nacre a perdu son aspect irisé (exemples : *Nucula* et *Trinacria* du Bartonien), les fluorescences bistre, jaune, orange ou rouge sombre observées ne nous semblent pas devoir être imputées à la nacre originelle; elles rappellent les couleurs ordinaires des sédiments calcaires en lumière de Wood. Nous avons noté, d'autre part, des fluorescences bistre (*Atura Aturi* du Miocène), brune, orange ou jaune (*Ammonites* du Secondaire) chez des fossiles dont la nacre avait gardé un aspect irisé, mais semblait néanmoins altérée. Enfin, nous avons rencontré une fluorescence bleutée ou violacée chez certains fossiles nacrés : *Nautilus umbilicaris* du Lutétien, *Trigonia Bronni* du Rauracien. Sur un exemplaire de cette dernière espèce (³), la nacre était particulièrement bien conservée; la spectrographie nous a révélé une bande étroite dans le violet.

Ainsi, chez certains fossiles d'une conservation exceptionnelle, la fluorescence habituelle de la nacre s'est maintenue depuis une époque aussi ancienne que le Rauracien et nous pouvons penser que, dans ces cas, les constituants de la nacre n'ont pas évolué chimiquement. Dans ceux, bien plus nombreux, où la nacre fossile donne des teintes de fluorescence différentes, nous avons de bonnes raisons de croire que les éléments responsables de ces fluorescences sont d'origine extérieure à la coquille.

PALÉOBOTANIQUE. — *Analyse pollinique de tourbières de l'Artense.*

Note de (*) Mlle **Jeanne Becker**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'Artense est, au point de vue paléosilvatique, une région de transition entre les Montagnes d'Auvergne et les Plateaux limousins, contrées dont l'histoire forestière est bien connue déjà par les travaux de M. et Mme Dubois et de M. G. Lemée.

(²) Pour le moment, nous ne précisons pas si cette fluorescence est due à la matière organique ou au carbonate de calcium; rappelons que les fluorescences de la calcite ont été attribuées à des traces de métaux tels que le manganèse (fluorescence rouge) ou le bismuth (fluorescence violette). *Voir* P. Pringsheim, *Handbuch der Physik*, 23, 1933, p. 317.

(³) Appartenant à la collection de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

Entourée des massifs du Mont-Dore, du Cézallier, du Cantal et du rebord oriental du Plateau de Millevaches, la région considérée est un plateau cristallophyllien de 700 à 900^{m} d'altitude, recouvert de place en place dans sa partie Est par des basaltes. Ce plateau est drainé par des affluents et sous-affluents de la Dordogne, notamment la Rhue, la Tarentaine et la Santoire.

Les tourbières de ce territoire ont été prospectées en 1942 par les soins du Comité d'Organisation de l'Industrie des Combustibles Minéraux solides (Section Tourbe). Ce sont des échantillons récoltés au cours de cette prospection que M. G. Dubois a bien voulu me confier en vue de leur analyse pollinique dont les résultats me permettent de préciser les caractères paléosilvatiques de la région. Les échantillons proviennent de sept tourbières avoisinant Bort-les-Orgues, et toutes sises dans le département du Cantal : Lac de Madic (430^{m}) à Madic, Lac de Lapignol (860^{m}) à Marchal et Champs, la Vergne Rousse (850^{m}) à Marchal, la Grange (860^{m}) à Marchal, Cousteix (872^{m}) à Trémouille-Marchal, Chaussider (931^{m}) à Trémouille-Marchal, Manicodie (1089^{m}) à Saint-Amandin. (Feuilles 1/80000, 174 Mauriac et 175 Brioude).

Leurs tourbes sont sphagneuses, donc généralement peu cendreuses; à Madic cependant les Carex sont prédominants à la base. Dans l'ensemble elles sont riches en pollens.

L'histoire paléosilvatique qui se dégage de l'examen des diagrammes polliniques permet de distinguer les phases suivantes :

1° Pin-Bouleau dans son stade terminal décroissant, uniquement présente dans la tourbière de Madic;

2° Coudrier (première poussée) et Chênaie mixte;

3° Chênaie mixte (avec parfois deuxième poussée du Coudrier) les deux poussées étant bien épanouies à Madic;

4° Fagabiétaie : Hêtre-Sapin;

5° Phase terminale de la *forêt diversifiée* marquée par une recrudescence du Pin; elle n'a pas pu être étudiée entièrement en raison de l'abscence d'échantillons de surface.

Cette histoire correspond au point de vue climatique aux périodes : préboréale terminale (phase 1°), boréale et atlantique (2° et 3°), subboréale, subatlantique et actuelle (4° et 5°) du Flandrien.

Les détails de l'histoire de la Fagabiétaie méritent attention.

Aux tourbières du Lac de Lapignol et de Cousteix, le Hêtre est dominant. Aux autres (La Vergne Rousse, La Grange, Chaussider, Manicodie), le Sapin devient prédominant après une poussée appréciable de Chênaie mixte (28 à 39 %) et de Coudrier (15,9 à 50 %) qui se situe approximativement au tiers inférieur de la Fagabiétaie. Cette poussée, fruste dans les tourbières du

versant Sud des Monts Dore ([1]) est en Artense bien caractérisée par des pourcentages de Tilleul parfois supérieurs à ceux du Chêne.

A Madic, l'histoire de la Fagabiétaie est quelque peu différente : le Chêne s'est maintenu comme essence dominante, le Sapin ne jouant qu'un rôle très effacé.

Cette interpénétration de la Chênaie et de la Hêtraie est d'ailleurs un dispositif du paysage forestier actuel voisin du Lac de Madic. Elle s'observe également dans le Cantal ainsi que dans les zones de basses altitudes de la Montagne Limousine ([2]).

En résumé sur les sept tourbières étudiées, six d'entre elles, dont l'altitude dépasse 850^{m} (Lac de Lapignol, La Vergne Rousse, La Grange, Cousteix, Chaussider et Manicodie), sont du type paléosilvatique montagnard auvergnat, tandis que celle de Madic (430^{m}) présente le type paléosilvatique limousin de basse altitude.

L'altitude paraît ici dominante dans la séparation des deux faciès.

Il est possible que la poussée de Coudrier et de Chênaie mixte qui se manifeste durant la phase Hêtre-Sapin, soit due à des influences océaniques qui se sont fait sentir dans l'Artense.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Position phylogénétique de l'*Hydrastis canadensis *L. et du* Crossosoma californicum *Nutt., d'après les particularités histologiques du xylème.* Note (*) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Précédemment ([1]), nous avons signalé, dans le bois secondaire du *Pæonia*, la présence de trachéides aréolées du type cycadéen, lesquelles se joignent aux perforations scalariformes des vaisseaux pour séparer ce genre des Renonculacées et en faire le représentant de la famille des Pæoniacées.

Il y a lieu d'examiner au même point de vue l'*Hydrastis canadensis* classé le plus souvent dans la tribu des Pæoniées. Aucune indication n'ayant été donnée jusqu'à présent sur la nature des fibres et les perforations des vaisseaux ligneux de cette plante, de nouvelles recherches s'imposaient à ce sujet. Dans ce but, nous avons entrepris l'étude structurale de la tige aérienne ainsi que du rhizome de cette espèce médicinale connue surtout par la localisation de la berbérine et de l'hydrastine dans ses parenchymes.

Les portions ligneuses des faisceaux de la tige aérienne se composent de files d'éléments de parenchyme sclérifié et de vaisseaux; ceux-ci se font remarquer par la coexistence des

---

([1]) G. Lemée, *Rev. Sc. Nat. Auvergne* (N. S.), 5, 1939, p. 37-61; *Ibid.* (N. S.), 8, 1942, p. 84-125.

([2]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 465; *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), 14, 1944, p. 35.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2172.

perforations simples et des perforations scalariformes; le nombre des barreaux de ces dernières, ordinairement de 3 à 10, s'élève parfois jusqu'à 18; de temps en temps, on observe quelques anastomoses entre les barreaux, indice d'évolution vers la perforation réticulée; mais le type scalariforme prédomine. Les parois latérales de ces éléments conducteurs sont munies de ponctuations aréolées elliptiques très rapprochées, à fentes horizontales et parallèles entre elles, rarement obliques et entrecroisées.

Le bois secondaire du rhizome est constitué de vaisseaux, d'amas de parenchyme cellulosique et de petits paquets de fibres sclérifiées. Vues en coupes longitudinales, ces dernières réalisent le type de *fibres libriformes* en raison de la disparition presque complète des aréoles longuement dépassées par les fentes entrecroisées en X. Ici, les vaisseaux se distinguent par la constance de la grande perforation simple, circulaire ou elliptique; sur leurs faces latérales, on observe toujours des ponctuations aréolées fortement étirées dans le sens transversal.

La fréquence de la perforation scalariforme des vaisseaux des tiges aériennes nous oblige à écarter l'*Hydrastis* des Renonculacées et à le rapprocher des Pæoniacées. Ce genre diffère toutefois du *Pæonia* par la coexistence de la perforation simple, laquelle se montre même exclusivement dans le xylème des rhizomes, puis par la présence d'amas de *fibres libriformes* dans les portions ligneuses des faisceaux de ces mêmes organes souterrains. Si l'on examine la morphologie externe, l'*Hydrastis* se distingue par le périanthe simple formé de trois pièces, les nombreux carpelles biovulés, puis la nature du fruit (baie multiple); on ne retrouve pas ici la transition graduelle entre les feuilles et les sépales, bien connue chez le *Pæonia*. Il nous semblerait donc logique de retrancher l'*Hydrastis* non seulement des Renonculacées, mais aussi des Pæoniacées pour en faire le représentant unique de la famille des Hydrastidéacées.

Il restait à examiner le *Crossosoma californicum*, arbuste placé par Baillon ([2]) dans la série des Pivoines; les fleurs de ces deux genres présentent en effet plusieurs caractères identiques. L'étude structurale des tiges de cette espèce révèle la formation précoce d'un anneau libéro-ligneux continu; comme chez le *Pæonia*, les rayons médullaires du bois secondaire s'avancent jusque sur le bord interne du xylème, tandis que chez les Renonculacées, ils n'apparaissent que dans la portion externe du bois des faisceaux. Mais les vaisseaux ligneux du *Crossosoma* se distinguent par la grande prédominance de la perforation simple. De plus, les fibres du xylème sont pourvues, sur leurs faces, de petites ponctuations aréolées (3 μ), à ouvertures obliques et croisées atteignant le bord de l'aréole; ces éléments doivent être considérés comme des *fibres-trachéides*. Enfin ces deux genres diffèrent aussi par l'origine du périderme : sous-épidermique chez le *Crossosoma*, péricyclique chez les *Pæonia* frutescents.

En nous basant sur ces particularités anatomiques, nous serons amené à écarter le *Crossosoma* autant des Pæoniacées que des Renonculacées; nous adopterons l'opinion d'Hutchinson ([3]) qui faisait de ce genre le représentant

---

([2]) *Histoire des Plantes*, **1**, 1867-1869, p. 66.
([3]) *The families of flowering plants*, **1**, 1926, p. 155.

unique de la famille des Crossosomatacées. Par la coexistence de la perforation scalariforme et de la perforation simple des vaisseaux ligneux, l'*Hydrastis* doit être placé, au point de vue phylogénétique, entre les Pæoniacées et les Renonculacées. Quant au *Crossosoma*, par la perforation simple des vaisseaux, il réalise un degré de perfectionnement égal à celui des Renonculacées; mais il occupe un rang plus primitif par la présence constante de *fibres trachéides* dans le xylème; ces dernières constituent en effet, dans le cycle évolutif, un degré intermédiaire entre les *trachéides aréolées du type cycadéen*, caractéristiques du *Pæonia* et les *fibres libriformes*, éléments prédominants du bois des Renonculacées frutescentes.

Il résulte de l'ensemble de ces recherches que les Renonculacées dérivent des Pæoniacées par l'intermédiaire des Hydrastidéacées et des Crossosomatacées.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réactions histologiques du pétiole de la feuille de Vigne isolée en survie prolongée*. Note (*) de Mlle Germaine **Debraux**, présentée par M. René Souèges.

La feuille isolée, c'est-à-dire séparée de la tige et placée dans des conditions où elle est susceptible de se conserver, a déjà fait l'objet de diverses observations. Je rappellerai seulement celles qui sont relatives au développement, dans le pétiole, de formations secondaires de bois et de liège [Mer (1), de Vries (2), Schwarz (3)], à la production encore d'un cambium interfasciculaire et d'un périderme [Löhr (4), Mathuse (5), Winkler (6)].

J'ai repris l'étude de la feuille isolée en survie dans le but de rechercher : 1° les modifications histologiques se produisant dans le pétiole et le limbe (feuille conservée entière ou en fragments), soit normalement, soit sous des influences diverses (en particulier celle des acides aminés et des hétéro-auxines); 2° le mode de formation, l'accumulation ou de la disparition, au cours de la survie, de certaines substances élaborées par la feuille en liaison ou non avec la photosynthèse. Aussitôt après leur séparation de la plante, les feuilles de Vigne sont placées, soit en culture sans sol selon la méthode que j'ai déjà fait connaître (7), soit en culture aseptique selon une méthode qui sera ultérieurement décrite. De petits fragments (1^{cm^2}) conservés aseptiquement depuis plus

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 33, 1886, p. 136-141.

(2) *Jahrb. wiss. Bot.*, 22, 1891, p. 35-72.

(3) *Jahrb. wiss. Bot.*, 78, 1933, p. 92-155.

(4) *Inaug. Diss.*, Bonn, 1908.

(5) *Beit. bot. Zentralbl.*, 20, 1906 (174), p. 1-44.

(6) *Jahrb. wiss. Bot.*, 45, 1907, p. 1-82.

(7) G. Debraux, *Gall. biol. Acta.*, 1, 1948.

de 4 mois à la lumière et à l'obscurité, en excellent état, sont le siège de modifications sur lesquelles je reviendrai, me bornant ici à exposer les réactions histologiques des pétioles de feuilles normales conservées non aseptiquement.

Les premières modifications (5e jour) ont lieu, par place, dans l'assise sous-épidermique, puis (8e jour) dans le collenchyme sous-jacent, dont les cellules s'allongent radialement, ce qui donne au pétiole un aspect crénelé et blanchâtre par suite de la disparition des chloroplastes dans les cellules en voie d'allongement. Le cambium entre ensuite en activité (10e jour) et produit 6-8 assises de cellules qui se différencient en bois et en liber (14e jour); les faisceaux vasculaires sont allongés radialement, le parenchyme ligneux secondaire comprend 3-4 assises de cellules sans vaisseaux; le parenchyme libérien secondaire, formé de 3-4 assises de petits éléments, n'a pas de tubes criblés; entre les faisceaux libéro-ligneux, les cellules du parenchyme médullaire se divisent par des cloisons tangentielles et constituent un cambium interfasciculaire d'origine secondaire. Les cellules de l'assise sous-épidermique commencent, par place, à se diviser par des cloisons tangentielles et produisent une ébauche de périderme. A ce stade, l'amidon, localisé normalement dans l'endoderme, s'accumule dans les cellules du parenchyme cortical, radial et médullaire entourant chaque faisceau : c'est un amidon à petits grains semblable à celui des feuilles témoins.

Après 6 semaines de survie, le pétiole a produit un abondant système radiculaire; le bois secondaire comprend 10-12 assises de cellules parmi lesquelles se trouvent de gros vaisseaux; le liber secondaire est formé de 12-15 assises de cellules libériennes et de tubes criblés bourrés de matières protéiques; le cambium interfasciculaire produit des faisceaux conducteurs surnuméraires d'origine tertiaire et contribue, en outre, à l'accroissement en largeur des faisceaux préexistants, par la différenciation, sur le bord radial de ceux-ci, de certaines de ses cellules en trachéides et en éléments libériens; le périderme sous-épidermique s'est développé. L'amidon, dont les grains augmentent de taille, est accumulé dans l'écorce, les rayons médullaires, une partie de la moelle. Après deux mois, dans la moelle, à la pointe du bois primaire de chaque faisceau, s'organise un tissu d'irrigation constitué par de jeunes vaisseaux prenant des épaississements réticulés ou scalariformes, groupés en fascicules anastomosés en réseaux; le tout constitue un système de faisceaux conducteurs à bois centrifuge, parfois relié au bois primaire de la stèle, et à liber centripète. Dans le parenchyme cortical, on observe les mêmes formations aberrantes.

Après plusieurs mois de vie à l'état isolé, le pétiole de la feuille de Vigne a pris l'aspect d'une tige, conservant une certaine symétrie bilatérale; le xylème et le phloème forment un anneau continu; celui-ci est entouré d'un périderme d'origine péricyclique qui laisse en dehors de la partie vivante du pétiole un rhytidome, formé par l'ancien parenchyme cortical et les restes du collenchyme dont les cellules se sont étirées, déchiquetées et subérifiées; ce rhytidome s'exfolie ensuite normalement. L'amidon est accumulé dans le liber, dans le parenchyme ligneux et dans toute la moelle; c'est un amidon dont les

grains atteignent parfois six ou sept fois le diamètre des grains normaux. Winkler ([6]) a signalé la transformation du pétiole en tige chez certaines espèces, mais il n'a pas mentionné l'apparition remarquable des tissus d'irrigation corticaux, radiaux et médullaires, qui se développent par suite de l'adaptation de la feuille à des conditions de vie nouvelles. Il semble y avoir une certaine analogie entre ces phénomènes d'adaptation et la présence de formations semblables chez certaines plantes parasites.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la recherche du québrachitol et de l'allantoïne chez les Érables et le Platane.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai signalé récemment ([1]) que l'épuisement d'une poudre végétale par l'acétone conduit à l'obtention d'itols, de saccharose et d'esters. Lorsqu'on se propose d'extraire uniquement les itols, la présence des autres substances est un inconvénient. Aussi, pour avoir d'emblée un itol exempt de saccharose, et pour traiter les plantes à l'état frais, j'utilise la technique suivante :

Le matériel est stabilisé et épuisé par deux traitements à l'eau bouillante. Les liqueurs aqueuses réunies sont soumises à l'action de la levure de bière pour éliminer les substances fermentescibles. Après défécation au sous-acétate de plomb, l'excès de plomb est précipité par H_2S; le filtrat concentré sous pression réduite à un faible volume peut présenter des cristallisations après repos (itols peu solubles, allantoïne). Il est ensuite incorporé à du sable fin; la masse séchée et broyée est épuisée par l'acétone dans un appareil de Soxhlet. L'itol cherché (québrachitol) ne tarde pas à cristalliser dans la liqueur acétonique. Il peut être purifié par addition d'acétone ou d'alcool à sa solution aqueuse filtrée et concentrée; il cristallise aussi dans l'acide acétique. Je l'ai identifié par son point de fusion, son pouvoir rotatoire et la réaction au nitroprussiate de sodium.

Par cette méthode, j'ai pu extraire le québrachitol des écorces d'*Acer campestre* L., *A. monspessulanum* L., *Negundo aceroides* Moench qui avaient été traitées sans succès l'an dernier par simple épuisement du matériel sec à l'acétone ([2]). En appliquant l'une ou l'autre de ces deux méthodes, je l'ai également isolé des écorces et des feuilles des espèces suivantes : *Acer circinnatum* Pursh, *A. colchicum* Hartw. var. *rubrum*, *A. grandidentatum* Nutt., *A. Hersii* Rehd., *A. japonicum* Thunb., *A. opulifolium* Vill., *A. palmatum* Thunb., *A. pennsylvanicum* L., *A. saccharophorum* K. Koch (*A. saccharum* Marsh.)[1], *A. tataricum* L., *Negundo californicum* Torr. et Gr. Les feuilles de ce dernier (ou du *Negundo aceroides*) constituent une bonne matière première pour

---

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 85.

([2]) V. Plouvier, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1842.

l'extraction du québrachitol (rendement pour 100^g sec, en août : brut 2^g,75; pur 1^g,2, sans traitement des eaux mères).

Parmi toutes les espèces examinées, seul l'*Acer carpinifolium* Sieb. et Zucc. n'a pas fourni de québrachitol (écorces de 2 pieds différents, traitées par les deux méthodes; feuilles en mai et octobre; après fermentation, liqueurs d'essai de feuilles optiquement inactives). Cette espèce se distingue nettement des autres *Acer* par ses feuilles ovales, indivises, marcescentes qui la rapprochent des *Carpinus*.

En outre, le québrachitol a été extrait de tous les organes examinés, autres que les écorces et feuilles : racines d'*Acer platanoides*, fleurs d'*A. platanoides*, *A. Pseudoplatanus*, *Negundo aceroides*, fruits d'*A. campestre*, *A. Hersii*, *A. platanoides*, *A. Pseudoplatanus*, *A. saccharophorum*, *Negundo aceroides*, graines d'*A. Pseudoplatanus*. Ces dernières ont également fourni du saccharose. Obtenu en juin avec les fruits verts d'*A. Pseudoplatanus*, le québrachitol se trouve encore en novembre dans les fruits mûrs secs (rendement 1,36 brut pour 100^g sec) : son extraction est facile par épuisement à l'acétone à condition de séparer préalablement les graines qui introduisent des impuretés gênantes.

Ainsi, le québrachitol existe dans presque toutes les espèces du genre *Acer*, dans tous les organes, à toutes les périodes de la végétation : il apparaît comme un élément constant de leur chimisme. Il n'a pas été trouvé dans les feuilles d'une autre Acéracée : *Dipteronia sinensis* Oliv.

Les fruits de *Negundo aceroides* épuisés par l'acétone ont fourni, avec le québrachitol, des cristaux différents beaucoup moins solubles dans l'eau et dans l'alcool; il s'agit de l'allantoïne, identifiée par son point de fusion (avec décomposition), son dérivé xanthylé et l'action du réactif de Nessler. La méthode au sable a permis d'en extraire bien davantage (cristallisation en liqueur aqueuse déféquée : rendement 1,1 brut, pour 100^g sec, en août). Des fruits prélevés fin novembre, peu avant leur chute, étaient dépourvus de québrachitol mais ont encore fourni de l'allantoïne.

Celle-ci a également été isolée, en faible quantité, des racines et écorces d'*Acer platanoides*, des écorces d'*A. campestre*, *A. circinnatum*, *A. palmatum*, *A. pennsylvanicum*, *A. pseudoplatanus*, *A. sacchorophorum*, *A. tataricum*, *Negundo aceroides* (méthode au sable, cristallisation en liqueur acétonique). Sa présence était déjà connue chez *A. campestre* et *A. pseudoplatanus*.

Si le × *Platanus acerifolia* Willd. présente quelque analogie avec les Érables par la forme de ses feuilles et la présence des mêmes substances azotées, il s'en distingue par le fait que ses écorces et ses feuilles n'ont pas fourni de québrachitol. Par contre, l'allantoïne a été extraite de ses rameaux prélevés fin février avant la reprise de la végétation et fin mars après enlèvement des jeunes pousses (rendement : de 0,32 à 0,47 pour 100^g frais, suivant les pieds). Sa présence était déjà connue dans les jeunes pousses et les feuilles, non dans les écorces.

En résumé, le québrachitol a été extrait de presque tous les *Acer* examinés; l'allantoïne a été isolée plusieurs fois à l'état cristallisé, notamment des fruits du *Negundo* et des rameaux du Platane.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La fermentation alcoolique des vins doux naturels.* Note de MM. **Louis Genevois, Émile Peynaud** et **Jean Ribéreau-Gayon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On a procédé à l'analyse chimique complète de huit échantillons de vins doux, des communes de Tautavel, Tuchan et Frontignan, des années 1945 et 1946. Ces vins sont préparés par mutage à l'alcool de moûts très riches en sucre, vinifiés en blanc ou en rouge. L'addition d'alcool se fait soit avant un départ de fermentation : cas des mistelles (Muscat de Frontignan), soit en une ou plusieurs affusions, après la fermentation d'au moins la moitié du sucre. La fermentation alcoolique se poursuit dans un milieu très sucré, et très alcoolisé dans le cas du Muscat.

Ces analyses ont montré les faits suivants :

1° Teneur élevée en alcool, de 15°,6 à 18°,5, et teneur élevée en sucres, de 92 à 196g par litre, généralement voisine de 120.

2° Rapport glucose sur lévulose voisin de 0,5, sauf dans le cas du Muscat de Frontignan. Ce rapport permet de différencier les vins doux naturels fermentés des mistelles.

3° Teneur en acide malique notable, allant de 6 à 15,5 milliéquivalents par litre pour le cépage Grenache et de 22 milliéquivalents pour le cépage Muscat, montrant une combustion toujours incomplète de cet acide dans les raisins à complète maturité.

4° Teneur en acide lactique faible, de 0,8 à 5 milliéquivalents, montrant l'absence de fermentation malolactique.

5° Teneur en acide acétique (a) faible, de 5 à 10 milliéquivalents; rapport de l'acide acétique à l'acide succinique (s) généralement voisin de 1.

6° Butylèneglycol (b) en proportion élevée par rapport au glycérol (g); $1000\, b/g$ est, dans 7 vins sur 8, nettement supérieur à 100.

7° Acide sulfureux libre pratiquement égal à 0. Éthanal libre souvent dosable (jusqu'à 2,3 millimolécules), conditionnant le caractère *rancio* de ces vins. L'éthanal total (h) est toujours notable.

8° Le bilan des produits secondaires de la fermentation

$$\Sigma = 5s + 2a + b + h = 0^{g},9$$

se vérifie aussi exactement que dans toutes les fermentations étudiées jusqu'ici par nous ([1]), ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 439.

([2]) *Ibid.*, **223**, 1946, p. 693; **224**, 1947, p. 762 et 1388; **226**, 1948, p. 126.

Le tableau donne l'alcool, les sucres en grammes par litre, les anions et cations en milliéquivalents pour 10¹, dans 5 échantillons; il donne également, en millimolécules pour 10¹, les bilans des produits secondaires de la fermentation.

	Tuchan 1946.		Tautavel 1945.	Tautavel 1946.	Frontignan 1946.
Alcool	16°,0	16°,5	16°,4	18°,5	15°,6
Sucres réducteurs	120	123	130	92	196
Glucose	41	41	42	31	93
Lévulose	79	82	88	61	103
Acidité de titration	610	530	530	630	520
Alcalinité des cendres	195	160	147	100	170
Ammonium	6	6	6	6	18
Somme des cations	**811**	**696**	**683**	**736**	**708**
Acide tartrique	323	260	197	291	281
Acide malique	153	92	107	67	220
Acide citrique	45	28	32	26	32
Acide acétique	66	59	99	90	53
Acide lactique	25	34	36	46	8
Acide succinique	129	140	142	149	32
Esters acides	25	24	12	18	21
Acide phosphorique	33	30	33	20	33
Acide sulfureux	0	0	3	8	0
Acide aldéhyde sulfureux	6	8	35	36	14
Somme des anions	**806**	**675**	**696**	**751**	**694**
Différence	5	21	+13	+15	−14
Glycérol (g)	590	600	770	730	250
Acide acétique (a)	66	59	99	90	53
Acide succinique (s)	65	70	71	74	16
2,3 buthyleneglycol (b)	64	73	94	92	32
Éthanal (h)	16	21	35	36	17
Σ	**537**	**563**	**682**	**678**	**235**
$\frac{\Sigma}{g}$	0,91	0,94	0,88	0,93	0,94
$\frac{a}{s}$	1,0	0,84	1,4	1,2	3,3
$\frac{b}{g} \times 1000$	108	121	122	126	128

CYTOLOGIE. — *La garniture chromosomique de quelques Crustacés amphipodes.* Note (*) de MM. **Raymond Poisson** et **Jean Le Calvez**, présentée par M. Louis Fage.

Dans le but de rechercher les rapports pouvant exister entre les Crustacés Amphipodes et les autres Péracarides, nous avons déjà pu déterminer la

(*) Séance du 12 juillet 1948.

constitution chromosomique de quatre d'entre eux appartenant au grand groupe des Gammariens, d'une part à la famille des *Gammaridæ* : *Gammarus pulex* pulex (L.), *Gammarus locusta* (L.); d'autre part, à la famille des *Talitridæ* : *Talitrus saltator saltator* (Mont.), *Orchestia gammarella* (Pallas) (= *O. littorea* Sars). Ces quatre espèces réalisent des adaptations à trois milieux différents : la première espèce étant dulcaquicole, la seconde marine et les deux dernières subhalophiles.

Les dénombrements ont été effectués sur les éléments de la lignée germinale mâle : divisions spermatogoniales, diakinèses, métaphases I et II. Chez des individus à mâturité génitale cônvenable, la technique de l'acéto-carmin fournit des images nombreuses, nettes et décisives quant au nombre des chromosomes, puisque tous les éléments de toutes les cinèses restent obligatoirement voisins.

1° *Gammarus pulex pulex* (L.). — Les figures prémétaphasiques de divisions spermatogoniales montrent (*fig.* 1) une garniture de 52 chromosomes subégaux à centromère



Chromosomes de Crustacés Amphipodes, lignée germinale mâle : 1, *Gammarus pulex pulex*, prométaphase spermatogoniale; 2, *Gammarus pulex pulex*, métaphase I; 3, *Gammarus locusta*, métaphase I; 4, *Talitrus saltator*, métaphase I; 5, *Orchestia gammarella*, métaphase I. (1 : × 1600; 2 à 5 : × 2800; acéto-carmin.)

intercalaire. Ils se retrouvent à la diakinèse sous forme de 26 tétrades cruciformes et constituent, à la métaphase I, une plaque équatoriale serrée de 26 éléments très condensés et tous égaux (*fig.* 2). Diamètre de la plaque équatoriale métaphasique I : 16µ.

2° *Gammarus locusta* (L.). — Le caryotype est identique à celui de l'espèce précédente ($n = 26$), mais les chromosomes sont plus petits. Diamètre de la plaque métaphasique I : 10µ (*fig.* 3).

3° *Talitrus saltator saltator* (L.). — On trouve ici $n = 25$; les bivalents sont encore plus petits, de taille subégale (*fig.* 4); aucun ne se signale par un calibre dépassant franchement celui des autres. Diamètre de la plaque métaphasique I : 7µ.

4° *Orchestia gammarella* (Pallas). — Les images fournies (*fig.* 5), sont comparables à celles observées chez le Talitre ($n = 25$), bien que les chromosomes soient un peu plus gros. Diamètre de la plaque métaphasique I : 9µ.

Au voisinage, ou même dans la plaque équatoriale de toutes ces espèces, on peut déceler parfois un résidu nucléolaire, correspondant peut être au *corps chromatoïde* décrit dans les cinèses de certains Isopodes. Enfin, comme on pouvait le prévoir, il n'y a pas trace d'hétérochromosomes différenciés, soit par leur taille, soit par leur comportement au cours de la méiose.

Si l'on compare ces numérations chromosomiques à celles déjà publiées à propos des Amphipodes, on constate qu'elles présentent seulement des analogies avec le type caryologique de *Gammarus annandalei* où Niiyama ([1]) compte 27 chromosomes haploïdes. Par contre, comme l'a déjà signalé Vandel ([2]), les nombres et figures donnés par Palmer ([3]) pour *Gammarus chevreuxi* Sexton ($2n = 26$), sont pour le moins singuliers et il est souhaitable que l'étude de cette espèce soit reprise en utilisant une méthode donnant toute sécurité. La même remarque vaut peut être pour *Talorchestia longicornis* où Nichols ([4]) a compté 18 chromosomes haploïdes chez le mâle.

S'il n'est pas possible de tirer de ces observations préliminaires des conclusions d'une portée générale, on peut néanmoins constater que les 4 espèces d'Amphipodes examinées par nous, ainsi que celle étudiée par Niiyama, ont des nombres chromosomiques haploïdes variant de 25 à 27. Ces chiffres sont très voisins de ceux trouvés pour les groupes primitifs des Isopodes marins actuels (*Valvifera, Lygidae*...), où ils se situent entre 28 et 31. Certains pourraient trouver là un argument en faveur de l'hypothèse selon laquelle un des caractères basaux des Crustacés Péracarides serait la possession de nombres chromosomiques élevés.

HISTOGENÈSE SEXUELLE. — *Ébauches prostatiques des souris femelles nouveau-nées. Essai d'interprétation du développement des caractères masculins observés, à l'état spontané, chez les Mammifères du sexe femelle.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il est très vraisemblable que la présence de glandes annexes de type mâle chez les femelles des Rongeurs, et les diverses anomalies intersexuelles observées à l'état naturel, chez de nombreux Mammifères femelles, résultent de l'action d'une hormone androgène sur l'embryon femelle (ou dans certains cas sur l'adulte); ceci découle des expériences de masculinisation du fœtus femelle de Mammifère, sous l'influence des hormones androgènes [*voir* ([1]), p. 351]. L'étude que je viens d'effectuer, chez des Souris nouveau-nées

([1]) *Jap. Journ. Genetics*, 11, 1935, p. 34-35.
([2]) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 81, 1947, p. 154-176.
([3]) *Quart. Journ. Micr. Sc.*, 70, 1926, p. 541-551.
([4]) *Journ. Morph.*, 20, 1909, p. 461-478.

([1]) A. Raynaud, *Bull. Biol.*, 72, 1938, p. 297.

normales appartenant à deux lignées sélectionnées, montre l'existence très fréquente (chez 13 des 14 ♀ étudiées) de courtes (20-100 μ) ébauches prostatiques chez les femelles d'une de ces lignées (XVII) et leur absence (chez 11 des 12 ♀, nouveau-nées et fœtus étudiés) dans l'autre lignée (XXX). Ces nouvelles constatations et les expériences de castration des Mulots gravides [2] me conduisent à interpréter aujourd'hui, de la façon suivante, les diverses modalités de masculinisation observées à l'état spontané chez les Mammifères de sexe femelle.

En laissant de côté les cas de masculinisation sporadiques dus à une anomalie du fonctionnement ovarien ou surrénalien, on peut envisager les divers cas suivants :

a. Chez certaines espèces de Mammifères, les caractères masculins ne s'observent pas chez tous les individus femelles de l'espèce : toutefois, leur présence constante chez les femelles de certaines lignées conduit à admettre que des facteurs héréditaires sont à l'origine de leur développement (par l'intermédiaire probable d'une sécrétion hormonale masculinisante de l'ovaire de l'embryon). C'est le cas des ébauches prostatiques des souris de la lignée XVII étudiées ci-dessus, et de celles des femelles de rats de certaines lignées étudiées par Witschi et ses collaborateurs [3].

b. Chez certaines espèces de Mammifères, la présence d'une glande annexe de type mâle (ou de plusieurs) ou de divers caractères masculins, est constante chez tous les individus femelles de l'espèce (cas des glandes prostatiques des mulots de sexe femelle par exemple [4], etc.). Dans ces espèces, il est vraisemblable que des facteurs héréditaires, présents chez tous les individus de l'espèce, agissent en faisant sécréter par l'ovaire de tous les embryons femelles, une hormone masculinisante (androgène sans doute), qui masculinise le soma de l'embryon, à des degrés divers suivant l'espèce considérée. *Ici la sécrétion masculinisante ovarienne embryonnaire présumée, est vraisemblablement un facteur constant qui provoque le développement constant d'un caractère anatomique mâles chez les femelles de l'espèce* [5].

c. Chez un individu femelle donné, ou dans une espèce donnée, on constate quelquefois qu'un seul caractère mâle est développé chez les femelles, tandis que, chez d'autres individus femelles ou chez les femelles d'autres espèces, il existe, en outre, d'autres structures masculines, ou une masculinisation plus complète du tractus génital. Diverses interprétations de cette masculinisation élective ont été suggérées [voir [6]]. Mais il est également possible qu'une seule et même hormone masculinisante (androgène) agisse dans ces divers cas : ses effets différents seraient dus à ce que, chez les embryons femelles de ces divers individus ou de ces différentes espèces, elle serait sécrétée, par l'ovaire em-

(2) A. Raynaud, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1187.

(3) E. Witschi, J. J. Mahoney et G. M. Risley, *Biol. Zentr.*, 58, 1938, p. 455.

(4) A. Raynaud, *Bull. Soc. zool. France*, 70, 1945, p. 162.

(5) Cette masculinisation constante (à des degrés divers) des individus femelles qui se rencontre dans plusieurs ordres de Mammifères paraît atteindre son maximum d'intensité chez la Hyène (*Crocuta crocuta* Erxleben) (voir Harrisson Matthews, *Philos. trans. Roy. Soc. B.*, 1, 1939, p. 230). Je considère que, chez les Hyènes femelles, la formation constante d'un canal uro-génital indivis, de glandes de Cowper, l'absence de vagin et la présence d'un clitoris péniforme, sont dus à l'action d'une hormone androgène sur le tractus génital des fœtus de sexe femelle.

(6) A. Raynaud, *Bull. Biol. France et Belgique*, 80, 1946, p. 1.

bryonnaire, à des stades différents du développement, à des concentrations différentes et peut-être même pendant une durée différente. Les différences observées dans le degré de développement et la structure anatomique des parties mâles du tractus génital des femelles d'espèces différentes, seraient ainsi explicables [7]. (Les résultats d'ablation ou de destruction des glandes génitales, réalisées par différents auteurs, chez divers embryons de Mammifères, font penser à une telle possibilité chez les femelles.)

Ainsi, trois groupes principaux de facteurs paraissent intervenir dans la réalisation de la masculinisation *spontanée* des femelles des Mammifères : *a*. Des facteurs héréditaires, qui sont à l'origine de la masculinisation (et qui se manifestent chez un individu, dans une lignée, ou dans l'espèce entière); *b*. Des facteurs héréditaires constitutionnels, déterminant le type de la structure anatomique de l'appareil génital caractéristique du mâle de l'espèce; *c*. Une sécrétion hormonale masculinisante, produite par les ovaires de l'embryon femelle (ou dans quelques cas, par la mère gravide). Les facteurs héréditaires du premier groupe agissent vraisemblablement en provoquant cette sécrétion hormonale masculinisante de l'ovaire de l'embryon femelle (l'intensité de cette sécrétion, le moment de la sécrétion et sa durée étant fixés héréditairement). Cette hormone masculinisante agissant sur le soma de l'embryon femelle, le masculinise à des degrés divers, en le modelant plus ou moins profondément dans le sens mâle, mais toujours suivant le type du soma du mâle de l'espèce (ce type de réaction du soma, à l'hormone, étant déterminé par les facteurs constitutionnels qui régissent la stucture anatomique du tractus génital de l'espèce).

PHYSIOLOGIE. — *Hormones stéroïdes et atrophie musculaire. Sur un effet catabolique de la testostérone sur le muscle en voie d'atrophie.* Note de MM. **Georges Schapira** et **Jean-Claude Dreyfus**, présentée par M. Léon Binet.

Les hormones stéroïdes mâles exercent un effet anabolique protéique chez la femelle et le mâle castré, et peuvent provoquer une hypertrophie musculaire [1].

On peut se demander si un phénomène du même type est susceptible d'être provoqué sur un muscle dont le nerf est sectionné; il se traduirait par un ralentissement de l'évolution de l'atrophie.

La technique consiste en l'injection de propionate de testostérone, à raison de 1^{mg} pour 100^{g} de poids, tous les deux jours, à des rats blancs pesant de 125

---

[7] Il existe, bien entendu, entre les espèces, des différences de structure anatomique spécifiques du tractus génital, qui ne sont pas soumises au contrôle hormonal (et qui s'extériorisent chez les mâles), mais qui sont déterminées par des facteurs constitutionnels, héréditaires.

[1] G. N. Papanicolaou, E. A. Falk, *Science*, **87**, 1938, p. 238; C. D. Kochaksan, *Mag. cong. Métal.*, 5, 1943, p. 134.

à 160°. Le traitement est institué huit jours avant la section sciatique unilatérale, et est poursuivi jusqu'au dixième jour après l'opération, date à laquelle on sacrifie l'animal. Le muscle gastrocnémien de chaque côté, soigneusement disséqué, est pesé après dessiccation à 105° jusqu'à poids constant.

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'atrophie :

$$100 . \frac{\text{poids du muscle sain} - \text{poids du muscle atrophique}}{\text{poids du muscle sain}}$$

Ils sont rassemblés dans le tableau I

TABLEAU I.

	Témoin ♂.	Testostérone ♂.	Témoin ♀.	Testostérone ♀.
	35,0	39,4	34,9	34,5
	35,3	38,4	37,6	40,3
	38,8	47,0	41,4	38,5
	40,6	37,1	40,8	38,6
	35,0	41,3	36,1	31,4
	40,7	38,8	34,8	34,2
	34,2	48,7	35,2	36,2
	35,4	39,7	39,0	30,9
		39,5	38,0	35,0
		43,6	39,3	40,4
				32,5
				34,2
Moyenne.	36,9±1,0	41,4±1,2	37,4±0,7	35,6±1,0
	σ = 2,6	σ = 3,9	σ = 2,4	σ = 3,3

σ = dispersion (standard déviation)

Dans ces conditions, on constate que la vitesse d'atrophie s'est montrée différente chez les mâles et les femelles. Chez le mâle, l'atrophie est accélérée de façon notable. L'application du test statistique (test *t* de Student-Fischer) donne une probabilité de signification dépassant 95 %. Chez les femelles, l'atrophie paraît au contraire ralentie, mais la différence est trop faible pour pouvoir être affirmée avec certitude.

Ces modifications ne sont pas dues à des variations du rapport du poids du muscle au poids total du corps, car il est le même chez les animaux témoins. Elles ne traduisent pas non plus un effet anabolique général de la testostérone, auquel ne participerait pas le muscle en voie d'atrophie, car les animaux traités n'ont pas augmenté de poids par rapport aux témoins. Elles ne sont enfin pas dues à l'huile d'olive dans laquelle la testostérone est dissoute, puisque d'autres hormones stéroliques dissoutes de la même façon et que nous avons essayées, se sont montrées inactives (tableau II). Toutefois le benzoate d'œstradiol paraît, chez la femelle, accélérer légèrement le processus d'atrophie, mais la différence n'est pas statistiquement significative.

TABLEAU II.

	Témoin ♂.	Témoin ♀.	Corticostérone ♂.	Progestérone ♂.	Œstradiol ♀.
	35,0	34,9	32,7	41,5	37,1
	35,3	37,6	39,7	35,8	34,3
	38,8	41,4	33,8	39,5	44,3
	40,6	40,8	45,9	37,8	40,0
	35,0	36,1	33,1	41,5	39,6
	40,7	34,8	34,5	33,0	43,0
	34,2	35,2	37,7	35,2	35,5
	35,4	39,0	38,4		38,6
		38,0	39,3		39,8
		39,3			38,2
Moyenne...	36,9 ± 1,0	37,4 ± 0,7	37,3 ± 1,4	37,7 ± 1,4	39,0 ± 1,0
			σ = 4,2	σ = 3,3	σ = 3,0

Doses injectées (en mg) pour 100g de poids			
	Corticostérone.........	0,5	tous les deux jours
	Progestérone..........	1	»
	Benzoate d'œstradiol...	1	deux fois par semaine

Peut être des doses différentes de testostérone, ou des composés voisins, seraient-ils susceptibles de modifier ou d'inverser cette action.

On est amené à conclure que le muscle en voie d'atrophie réagit d'une manière tout à fait spéciale à la testostérone dans les conditions où nous l'avons administrée. L'effet est catabolique, d'une part, il porte sur le mâle non castré, et non sur la femelle, d'autre part.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet de l'acuité visuelle aux éclairements crépusculaires.* Note (*) de M. **ALEXANDRE IVANOFF**, présentée par M. Jean Becquerel.

L'observateur étant adapté à un éclairement diurne, de l'ordre de quelques bougies par mètre carré, on fait l'obscurité dans la pièce, et lui fait fixer un tableau d'acuité dont l'éclairement est de l'ordre de 1/10e à 1/100e de bougie par mètre carré. On pourrait s'attendre à ce que son acuité visuelle, très faible à l'instant où l'on établit l'obscurité dans la pièce, augmente progressivement au fur et à mesure que les cônes de la fovéa s'adaptent au faible éclairement du tableau, en tendant vers une limite imposée par ce dernier. L'expérience montre qu'il n'en est pas exactement ainsi.

L'obscurité étant établie à l'instant $t = 0$ (*fig.* 1), l'acuité augmente rapidement, et atteint une valeur a_1 à un instant t_1, variable entre 1 et 4 minutes suivant le niveau d'adaptation préliminaire (plus celui-ci est élevé, plus t_1 est

(*) Séance du 5 juillet 1948.

grand). Ensuite le tableau d'acuité apparaît de plus en plus voilé et en quelque sorte granuleux, et l'acuité diminue jusqu'à une valeur a_2 plus ou moins faible

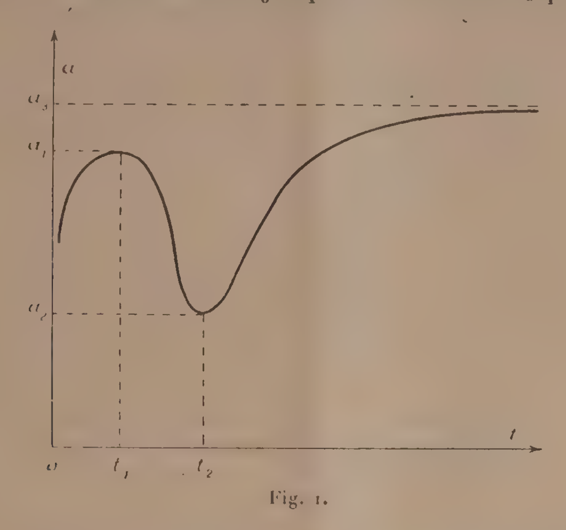


Fig. 1.

suivant les observateurs, et atteinte à un instant t_2 compris entre 5 et 9 minutes. Le tableau d'acuité retrouve ensuite progressivement sa netteté, et l'acuité augmente, en tendant vers une limite a_3 légèrement supérieure à a_1, et atteinte au bout de 20 minutes environ.

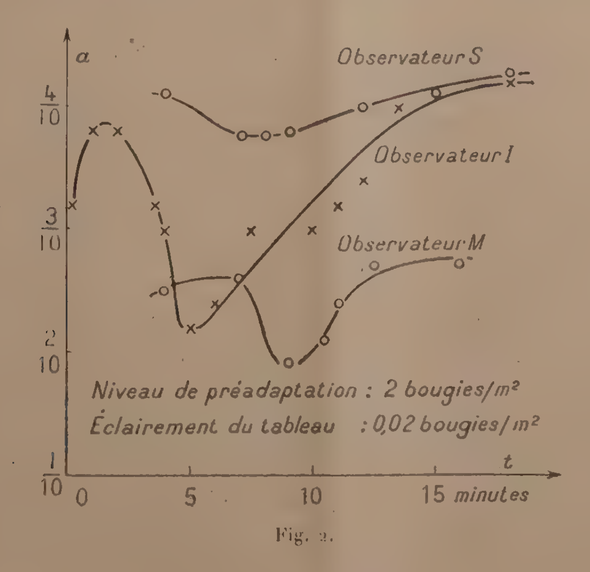


Fig. 2.

Le phénomène de baisse d'acuité est plus ou moins prononcé suivant l'observateur (*fig.* 2). Il est sensiblement indépendant du niveau d'adaptation préliminaire. Il diminue lorsqu'on augmente l'éclairement du tableau d'acuité, et disparaît si cet éclairement atteint 1/10 de bougie par mètre carré. Enfin je signale que pour un sujet particulièrement sensible au phénomène, celui-ci est

apparu comme étant récurrent : deux autres baisses d'acuité, plus faibles que la première, furent observées, l'une au bout de 9 minutes (la première étant à $t = 5$ min.), et l'autre au bout de 12 minutes.

Le phénomène semble être d'origine photochimique, ou d'origine nerveuse. Étant donnés les éclairements utilisés, il faut l'imputer aux cônes. Mais il est fort possible, et même probable, que l'on soit en présence d'un phénomène d'interaction de la périphérie de la rétine sur la fovéa, d'une inhibition provoquée par l'adaptation des bâtonnets à l'obscurité.

Il est curieux de signaler que, selon les mesures faites par B.-H. Crawford [1], la pupille d'un sujet plongé dans l'obscurité se dilate, mais subit une contraction passagère environ 5 minutes après l'obscurcissement. Il est possible que ce phénomène, ainsi que celui faisant l'objet de la présente Note, aient une origine commune.

BIOMÉTRIE LEUCOCYTAIRE. — *Essai d'interprétation cinématique des courbes en cloche de Gauss*. Note [*] de M. **Émile Pinel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

On sait que j'ai réussi à préciser les numérations de la formule leucocytaire simplifiée [1] de telle manière que les erreurs entachant les numérations des pourcentages de polynucléaires sont de l'ordre de 1 à 2 %. Cette précision m'a permis d'étudier, par les voies statistiques, les diagrammes leucocytaires obtenus en portant, sur des graphiques, les temps en abscisses et les pourcentages de polynucléaires en ordonnées. Cette étude a montré que l'on obtient un ajustement aussi continu et régulier que possible de ces diagrammes, lorsque les prélèvements sanguins se sont succédé à intervalles de 1 à 10 minutes au plus. On sait que, à cette échelle de temps, les diagrammes leucocytaires se décomposent en séries de portions de courbes en cloche de Gauss limitées à leurs bases par leurs points d'inflexion [2]. Ceci étant, je donne les définitions suivantes :

J'appelle *phase leucocytaire* l'ensemble des processus de libération des polynucléaires dans le sang circulant, qui engendrent une courbe en cloche. La durée d'une phase est mesurée par l'intervalle de temps τ compris entre les points d'inflexion de la courbe en cloche correspondante.

J'appelle *période d'incubation* de la phase leucocytaire la durée T des processus polygénitiques qui ont abouti à cette phase.

---

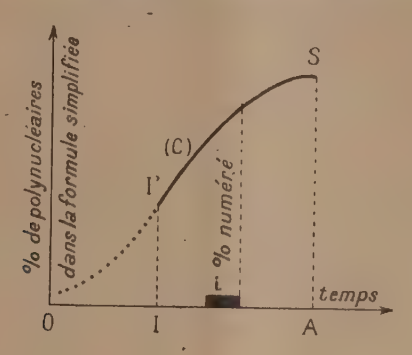
(1) *Proc. Roy. Soc. London*, 823 B., 1936, p. 376-395.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

(1) *Société d'Hématologie*, 16 février 1945; *Le Sang*, n° 4, 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 231.

Entre la phase et cette période il existe nécessairement une correspondance qui s'établit comme suit : les instants des $N+1$ prélèvements sanguins partagent l'intervalle de temps IA (figure ci-dessous), compris entre les abscisses I et A des points I' d'inflexion et S marquant le sommet de la courbe en cloche C, en N intervalles de temps partiels, dont les positions par rapport aux unités de temps attachées aux processus de libération des polynucléaires



sont tout à fait arbitraires. Dans ces conditions, le pourcentage démontré à l'extrémité de l'un i d'entre eux a pu apparaître dans le sang circulant dans cet intervalle. Supposons que les processus polygénétiques correspondants soient attachés à t unités de temps de la période d'incubation T; il est évident que la correspondance entre t et i n'est que probable. De plus, étant donné *le caractère discontinu* des comportements au cours du temps des pourcentages de polynucléaires, les t unités de temps constituent l'une des combinaisons t à t des T unités. Il existe donc une probabilité P pour que les t unités de temps de T correspondant à i et les $T-t$ unités de temps restantes aux $N-1$ intervalles de temps autres que i. Les premières ont $1/N^t$ chances de correspondre à i et les secondes $(N-1/N)^{T-t}$ chances de correspondre aux $N-1$ intervalles restants. La probabilité P s'écrit

$$P=\frac{1}{N^t}\left(\frac{N-1}{N}\right)^{T-t}\frac{T!}{(T-t)!\,t!}.$$

Nous supposons qu'à l'échelle des minutes, T et t sont suffisamment grands pour que l'on puisse lui appliquer la formule approchée de Stirling, d'où,

$$P=k\left[\frac{1}{N^t}\left(\frac{T}{t}\right)^t\frac{1}{\sqrt{t}}\right]\left[\left(\frac{N-1}{N}\right)^{T-t}\left(\frac{T}{T-t}\right)^{T-t}\frac{1}{\sqrt{T-t}}\right]; \qquad k=\text{const.}$$

produit de deux probabilités, l'une attachée à i et l'autre aux $N-1$ intervalles de temps autre que i. En posant $m=T/N$, $\lambda=m-t$; $m'=[T(N-1)/N]$, $\lambda'=m'-T+t$; d'où $\lambda+\lambda'=0$, $m+m'=T$; effectuant, dans la première [3],

[3] L'une se déduit de l'autre, à une constante multiplicative près, en changeant λ en λ', m en m'.

la substitution logarithmique bien connue, et supposant t/m suffisamment petit pour que l'on puisse se borner au second ordre dans le développement du produit

$$LP = -\frac{1}{2m}\left(-1+\frac{1}{2m}\right)t^2 + \left(1+\frac{1}{2m}\right)t + L\frac{K}{\sqrt{2\pi m}},$$

ou

$$P = \frac{K}{\sqrt{2\pi m}}\, e^{\frac{1}{2m}\left(-1+\frac{1}{2m}\right)t^2 + \left(1+\frac{1}{2m}\right)t}, \qquad \text{avec} \quad m > \frac{1}{2},$$

qui représente une famille de courbes en cloche de Gauss, dépendant des paramètres K et m.

Or, d'une part, l'écart entre les points d'inflexion nous est donné par la formule $\mathcal{T} = 2m\sqrt{120/(2m-1)}$, où m est exprimé en heures et $\mathcal{T}$ en minutes; d'autre part t est essentiellement positif par définition; de ce fait, la seule branche de courbe acceptable correspond à l'inégalité $m > 3/2$, c'est-à-dire $\mathcal{T} > 23$ min., c'est précisément celle qui est comprise entre les points d'inflexion.

L'expérience, maintenant basée sur plus de 4000 observations cliniques faites [4] chez l'Homme, a prouvé que dans tous les cas où le système leucocytaire est perturbé par une cause extérieure à l'organisme, $\mathcal{T}$ est supérieur à 22 minutes [5]. Cette concordance entre la présente interprétation et l'expérience nous permet d'admettre la proportionnalité entre la probabilité calculée et les pourcentages de polynucléaires rapportés au niveau de l'asymptote dans le temps t continu.

Toutes ces considérations et ces vues présentées dans cette Communication ainsi que celle qui la suivra ont des conséquences pratiques relatives au traitement efficace d'un certain nombre d'infections morbides rebelles de type aigu ou chronique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Conditions biochimiques de multiplication d'un bactériophage. Mise en évidence par la microscopie électronique.* Note (*) de MM. **Boris Rybak**, **Pierre Lépine** et Mlle **Odile Croissant**, transmise par M. Joseph Magrou.

W. H. Price [1], travaillant sur *Staphylococcus muscæ*, a été amené à supposer que l'adénosine triphosphate (ATP) et en général les substances organiques énergétiquement riches, phosphorylées, étaient nécessaires pour la synthèse du phage de cette bactérie. C. B. Fowler et S. S. Cohen [2] ont, d'autre part, signalé que des préparations dépolymérisées d'acides ribo- ou désoxyribo-

---

[4] Chacune de ces observations comprend en moyenne 7 diagrammes leucocytaires.

[5] *Acad. Médecine*, nos 25 à 27, 131, 1947, p. 508.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

[1] *J. Gen. Phys.*, 31, 1947, p. 135.

[2] *J. Exp. Med.*, 87, 1948, p. 259.

nucléique ainsi que la guanosine et la désoxyguanosine avaient un effet stimulant sur la multiplication du phage T2 du Colibacille. Étudiant les agglutinations de *Phytomonas tumefaciens* Sm. et Town., l'un de nous a montré récemment [3] que dans certains cas celles-ci étaient dues à une bactériophagie.

C'est ainsi que pour la souche smooth « 42/4 » de *Phytomonas tumefaciens*, on obtient des agglutinats filamenteux ou en fins grumeaux en se plaçant dans les conditions suivantes :

A $0^{\text{mol}},5$ d'une suspension en eau physiologique de bactéries âgées de 24 heures on ajoute $0^{\text{mol}},5$ soit d'acide adénylmonophosphorique (1 mg/ml), soit d'acide cytidylique (1 mg/ml), soit d'acide adénylmonophosphorique ou



d'acide cytidylique à 1 mg/ml en présence de 1 mg/ml de glucose, soit surtout d'ATP provenant de muscles de Lapin (1,7 mg/ml); pH 7. Après un repos de 12 heures à 20° C., on constate au fond des tubes un dépôt bactérien indissociable par agitation. Par microscopie électronique, en utilisant la technique

---

(3) B. Rybak, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

des ombres portées ([1]), le floculat montre des bactéries vidées ainsi que des bactériophages de 0μ,21 de longueur (*fig.* 1, cliché grossissement 14000, agrandissement × 2 d'un cliché électronique pris avec un appareil C. S. F., tension 42 kV, préparation métallisée à l'or; les flèches *a*, *b*, *c*, *d*, *e* indiquent les phages les plus visibles.)

Les phages sont surtout bien visibles après 2-3 × 24 heures, ce qui est sans doute imputable à ce que le titre initial du phage était extrêmement bas et que sa multiplication avait pu commencer à l'intérieur même de la bactérie.

Par ces résultats, nous avons à la fois : 1° révélé une bactériophagie occulte existant dans une souche de *P. tumefaciens*. Nous ne pensons pas encore, en effet, qu'il y ait eu synthèse totale du phage; 2° démontré le rôle indispensable de l'ATP ou encore des nucléotides puriques ou pyrimidiques dans la synthèse d'un phage et 3° mis au point un test facile pour l'étude de la multiplication du bactériophage, grâce à notre souche bactérienne agglutinogène.

BIOCHIMIE BACTÉRIENNE. — *Synthèse d'un polysaccharide du type amidon aux dépens du maltose, en présence d'un extrait enzymatique d'origine bactérienne*. Note (*) de M. **Jacques Monod** et Mlle **Anne-Marie Torriani** (avec la collaboration de M. **Vuillet**), présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le métabolisme du maltose chez les bactéries du groupe *coli* est généralement assuré par un système enzymatique adaptatif ([1])([2]). On a observé d'autre part des mutations spontanées ou induites portant sur l'utilisation du maltose ([3]). Un intérêt particulier s'attache donc à l'identification du ou des enzymes impliqués dans le métabolisme de ce disaccharide.

Utilisant des bactéries de la souche ML ([4]) cultivées en maltose, nous avons obtenu par la technique résumée ci-dessous des extraits actifs.

1° Broyage des bactéries par le sable, extraction par un tampon phosphate (M/10, pH 6,8).

2° Centrifugation pendant 2 heures à 12500 tours.

3° Précipitation du liquide surnageant par le sulfate d'ammoniaque à 75 % de saturation.

4° Reprise du précipité par un tampon phosphate (M/10, pH 6,8), suivi de

---

([4]) R. C. Williams et R. W. G. Wyckoff, *J. Applied Physics*, 15, 1944, p. 712.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) Karstrom, *Erg. Enzymforsch.*, 7, 1937, p. 350.

([2]) Monod, *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*, Paris, 1942.

([3]) Monod, *Arch. Sc. Physiol.* (sous presse).

([4]) Monod, Mlle Torriani et Gribetz, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1844.

deux précipitations successives par le sulfate d'ammoniaque à 50 % de saturation.

5° Dialyse pendant 5 heures à 10° contre de l'eau distillée avec agitation. Il se forme un précipité, qui est séparé par centrifugation, et redissous dans du tampon.

Mise en présence de maltose, cette préparation libère rapidement du glucose. La réaction peut être suivie manométriquement par la méthode à la *Notatine* mentionnée dans une précédente publication ([4]), et décrite d'autre part par Keilin et Hartree ([5]). Nos meilleures préparations libéraient 660 μM de glucose par heure, par milligramme d'azote Kjeldahl, à 28° et pH 6,8. L'étude cinétique de la réaction (en présence de notatine) montre que celle-ci s'arrête lorsque 1 mol. de glucose a été libérée par mol. de maltose mise en jeu. En fin de réaction, le liquide donne avec l'iode une intense coloration bleue, indiquant la formation d'un polysaccharide du type amidon. L'hydrolyse par l'acide sulfurique N à 100° pendant 3 heures, libère une quantité de glucose équivalent à la moitié du maltose mis en jeu. Le polysaccharide ne se forme qu'aux dépens du maltose, à l'exclusion de tout autre substrat, y compris le glucose-1-phosphate. La réaction ne s'accompagne d'aucune estérification décelable de phosphate minéral. Elle est d'ailleurs quantitativement la même en présence ou en absence de phosphate minéral. Les préparations ne présentent pas d'activité mesurable en présence des substances suivantes : lactose, saccharose, mélibiose, cellobiose, α-méthylglucoside, β-méthylglucoside.

Ces observations indiquent que la réaction catalysée est conforme à l'équation:

n maltose → n glucose + [glucose] n. Elle est analogue aux réactions conduisant à la formation de dextranes ou de lévulanes à partir du saccharose ([6]), ([7]). Mais il se forme ici, semble-t-il, un polysaccharide du type amidon, dont la synthèse *in vitro* n'avait été obtenue jusqu'à présent qu'à partir ou par l'intermédiaire de glucose-1-phosphate ([8]). Lorsque la réaction a lieu en l'absence de *notatine* (c'est-à-dire en présence de glucose) le polysaccharide formé ne donne pas de teinte bleue avec l'iode. Tout au plus obtient-on une teinte rouge très pâle. Nous ne pouvons encore offrir d'interprétation de cette observation. Il est probable que l'activité de nos préparations est due à un seul enzyme, car la réaction observée est sensiblement la même que l'on utilise des extraits purifiés, des extraits bruts ou des bactéries traitées par le toluène. Il semble qu'il s'agisse d'un enzyme d'un type nouveau pour lequel nous proposons le nom d'*amylomaltase*.

([5]) Keilin et Hartrée, *Biochim Jr.*, 42, 1948, p. 230.

([6]) Hestrin, Avineri-Shadiro et Ashner, *Biochem. J.*, 37, 1943, p. 450.

([7]) Hehre, *J. Biol. Chem.*, 163, 1946, p. 221.

([8]) Cori, *Federation Proc.*, 4, 1945, p. 232.

Cet enzyme n'est présent que dans les extraits de bactéries cultivées en maltose. Les extraits de bactéries cultivées en glucose se montrent dénués de toute activité.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Réceptivité du Lapin au virus de la poliomyélite épidémique.* Note (*) de MM. **Georges Blanc** et **Louis-André Martin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude expérimentale du virus de la poliomyélite a débuté en 1909 avec les travaux de Landsteiner et Popper qui ont réussi à infecter le Singe. Dès 1910 le prix élevé de ces animaux incite les chercheurs à expérimenter sur des animaux de laboratoire moins coûteux, en particulier le Lapin. Alors que les uns obtiennent des résultats positifs, d'autres n'accusent que des résultats négatifs ([1]). Après les échecs de Newin et Bittmann en 1924 et de Fairbrother en 1929, le Lapin est rejeté comme animal d'expérimentation pour l'étude de la poliomyélite.

Nous avons été amenés, à la suite d'expériences sur les rongeurs, à tenter à nouveau d'infecter le Lapin, soit avec diverses souches de virus, les unes adaptées au Singe, d'autres aux rongeurs, soit directement à l'aide de produits pathologiques humains.

Nos expériences ont porté sur environ 600 lapins. Bien que ce rongeur ne présente pas de phénomènes paralytiques, quel que soit le mode d'inoculation, nous le considérons comme réceptif au virus de la poliomyélite.

Voici, en résumé, les faits sur lesquels nous étayons cette opinion :

1° La transmission en série au Lapin d'un agent infectieux filtrable, isolé de moelles de singes morts de poliomyélite ou de produits virulents humains est possible.

Cette transmission a été réalisée avec six souches différentes de virus :

— Quatre souches constituées par des moelles de singes

Virus North Caroline (37 passages);
Virus Hartford (10 passages);
Virus S. K. (16 passages);
Virus P. S. J. (21 passages).

— Une souche constituée par des moelles de souris

Virus Lansing (10 passages).

— Une sixième souche, virus Y. B. a été isolée directement sur lapin des selles d'une enfant de 20 mois atteinte de poliomyélite clinique (13 passages).

2° Le Lapin traduit son infection par une réaction thermique. Après une période d'incubation d'une durée variable (de 2 à 15 jours) suivant la quantité de virus inoculé et suivant la voie d'introduction, la température, qui oscille normalement autour de 39°,5, atteint 41°

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) La place nous manque pour donner ici la bibliographie importante de ces travaux.

et plus et s'y maintient 3 ou 4 jours. Le plus souvent le Lapin résiste et la température retombe à la normale. Parfois cependant le Lapin meurt sans qu'à l'autopsie on puisse relever de lésions macroscopiques caractéristiques. Le virus se retrouve dans le sang, la moelle épinière, la rate, etc. Il peut être inoculé par les voies intramusculaire, intrapéritonéale, intratrachéale, nasale, intracérébrale, intrarachidienne, intraoculaire.

3° Les lapins ayant subi une atteinte de virus-Lapin ou de virus-singe ne réagissent pas à une inoculation seconde de virus-singe ou de virus-lapin, indifféremment.

4° *a*. Les singes ayant subi une atteinte du virus de la poliomyélite ne réagissent pas au virus lapin;

b. Les singes neufs qui reçoivent du virus lapin réagissent différemment suivant le mode d'inoculation et suivant des facteurs individuels de réceptivité. La réaction thermique, plus ou moins rapide, plus ou moins marquée, ne manque jamais. Jusqu'à présent un seul singe inoculé par voie rachidienne et péritonéale avec du virus-lapin de onzième passage, fut paralysé, le 25e jour. L'examen histologique de sa moelle montra les lésions de poliomyélite. Le virus a été réisolé sur le Lapin à partir de la moelle de ce singe.

5° Le virus-lapin est neutralisé *in vitro* par le sérum humain de convalescent de poliomyélite, par le sérum du singe convalescent, par un sérum d'âne ayant reçu de nombreuses inoculations intraveineuses de virus singe.

Conclusion. — Le virus de poliomyélite détermine chez le Lapin une maladie transmissible en série. Le virus-lapin ne détermine ni paralysie ni lésions histologiques de la moelle. Le seul symptôme, constant, est la réaction thermique, suivie, parfois, de la mort de l'animal.

La possibilité de neutraliser le virus-lapin par le sérum simien ou humain de convalescent de poliomyélite, la possibilité de protéger le Singe dans certaines conditions à l'aide du virus-lapin contre une atteinte ultérieure de virus-singe, nous amène à admettre l'identité antigénique du virus-singe et du virus-lapin dérivé du premier.

Le fait que le virus-lapin inoculé par une voie différente de la voie cérébrale ne provoque chez le Singe aucun trouble nerveux, incite à rechercher s'il sera possible d'utiliser un tel virus dans un but prophylactique.

La séance est levée à 15h45m. R. C.

ERRATA.

(Séance du 29 janvier 1945.)

Note de MM. *Buu-Hoï* et *Hiong-Ki-Wei*, Isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures de la série du stilbène :

Page 177, ligne 8, *au lieu de* $C^{22}H^{16}S$: fines, *lire* $C^{22}H^{16}S$: huile visqueuse E_{15} 262° à côté du dinaphtyléthane : fines.

(Séance du 13 novembre 1946.)

Note de MM. *Buu-Hoï* et *René Royer*, Sur des isostères soufrés du tétrophan et de ses homologues :

Page 806, ligne 20, *au lieu de* céto-7, *lire* céto-4;
» » » 23, *au lieu de* (2'.3'), *lire* 3'.2').

(Séance du 2 février 1948.)

Note de M. *Nachman Aronszajn*, Les noyaux pseudo-reproduisants :

Page 458, ligne 20, *au lieu de* (ou y) appartenant à F, *lire* appartenant à F (ou une fonction de y, conjuguée d'une fonction appartenant à F).

(Séance du 9 février 1948.)

Note de M. *Nachman Aronszajn*, Noyaux pseudo-reproduisants et complétion des classes hilbertiennes :

Page 537, ligne 38, *au lieu de* $N(x, y)g(x)g(y)$, *lire* $N(x, y)\overline{g(x)}g(y)$;
» 538, » 23, *au lieu de rel.* $\mathfrak{A}$, *lire rel.* $\overline{\mathfrak{A}}$;
» 539, » 2, *au lieu de* $h(x)$, *lire* $\overline{h(x)}$.